

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Dvounápravový tandemový sklápěcí přívěs

Two-axle tandem tipping trailer

Student:

Miroslav Hubička

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student:	Bc. Miroslav Hubička
Studijní program:	N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor:	3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace:	20 Výrobní stroje a zařízení
Téma:	Dvounápravový tandemový sklápěcí přívěs Two-Axle Tandem Tipping Trailer
Jazyk vypracování:	čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhnete konstrukční řešení dvounápravového tandemového sklápěcího přívěsu. Celková hmotnost 18 tun, pohotovostní hmotnost 4,5 tuny. Rozměry ložného prostoru: délka 5000 mm, šířka 2420 mm, výška 1000 mm, objem 12 m³, výška podlahy 1450 mm. Rám volte žebřinové konstrukce, oje bude výškově stavitelné s upevněnou odstavňovou nohou. Sklápění bude možno do tří stran pomocí jednoho přímočarého hydraulického motoru.

Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstrukční návrh dvounápravového tandemového sklápěcího přívěsu.
3. Pevnostní kontrolu důležitých uzlů.
4. 2D výkresovou dokumentaci vybrané součástí.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
Literární rešerše zpracovaná v rámci Diplomového projektu.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Oldřicha Učně, Ph.D. A uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

jsem byl seznámen s tím, že na mojí diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – dílo školní.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 ods.3)

Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezentačnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla (až do její skutečné výše).

Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o veřejných školách a o změně a doplnění zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....
Podpis studenta

Adresa trvalého pobytu

Miroslav Hubička
Mezice 41
783 32, Náklo

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

HUBIČKA, M. *Dvounápravový tandemový sklápěcí přívěs*. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2018, 82 s. Vedoucí práce: Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Cílem mé diplomové práce byl konstrukční návrh dvounápravového tandemového sklápěcího přívěsu s žebřinovým rámem. V technické zprávě jsem uvedl informace o různých typech přívěsů, jejich vlastnostech a legislativních požadavcích na jejich hmotnosti a rozměry.

V konstrukční části mé diplomové práce jsem zvolil vhodné komponenty pro podvozek a karoserii přívěsu. Také jsem vypočítal síly působící na přívěs během provozních stavů.

Nakonec jsem provedl analýzu namáhání působícího v klíčových bodech rámu přívěsu s využitím komerčního softwaru pro analýzu metodou konečných prvků.

ANNOTATION MASTER THESSIS

HUBIČKA, M. *Two-axle Tandem Tipping Trailer*. Ostrava: Department of Production Machine and Design, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB-Technical University of Ostrava, 2018, 82 pages. Thesis head: Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

The aim of my diploma thesis was the construction design of a two-axle tandem tipping trailer with a ladder frame. In the technical report I have presented the information on different types of trailers, their properties and legislative requirements for their weights and dimensions. In the construction part of my thesis I have chosen suitable components for the trailer chassis and body. I also have calculated the forces acting on the trailer during operation states. Finally, I have done the analysis of stress acting at key points of the trailer frame with the use of the commercial software for a finite element analysis.

Poděkování

Chci poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Oldřichu Učni za poskytnutí rad při vypracování diplomové práce.

Seznam symbolů

α	°	sklápěcí úhel korby
β	°	sklápěcí úhel teleskopického válce
σ_1	kg.m ²	plošná hustota plechu podlahy korby
σ_2	kg.m ²	plošná hustota plechu bočnic a čel
φ	-	součinitel adheze
a_s	m.s ⁻²	střední hodnota brzdného zpomalení
B_d	N	brzdná síla působící na dvonápravu
f	-	součinitel valivého odporu
F_f	N	valivý odpor
F_{hx}	N	podélná složka síly působící na oko oje
F_{hz}	N	svislá složka síly působící na oko oje
F_{sx}	N	podélná složka síly působící na sklápěcí ložisko
F_{sy}	N	příčná složka síly působící na sklápěcí ložisko
F_{sz}	N	svislá složka síly působící na sklápěcí ložisko
F_v	N	síla působící na teleskopický válec
$F_{v, \max}$	N	maximální zdvihová síla teleskopického válce
F_{vx}	N	podélná složka síly působící na teleskopický válec
F_{vy}	N	příčná složka síly působící na teleskopický válec
F_{vz}	N	svislá složka síly působící na teleskopický válec
g	m.s ⁻²	tíhové zrychlení
G_c	N	celková tíha přívěsu
G_d	N	tíha dvojnápravy s příslušenstvím
G_k	N	tíha plně naložené korby
G_r	N	tíha podvozkového rámu s příslušenstvím

h_c	m	výška těžiště celého přívěsu nad zemí
h_k	m	výška těžiště korby nad zemí
h_r	m	výška těžiště podvozkového rámu nad zemí
l_c	m	podélná vzdálenost těžiště přívěsu od předního konce přívěsu
l_d	m	podélná vzdálenost středu dvojnápravy od předního konce přívěsu
l_{cd}	m	podélná vzdálenost těžiště přívěsu od středu dvojnápravy
l_n	m	celková délka nosníků podlahového roštu
m_1	kg	hmotnost podlahy korby
m_2	kg	hmotnost bočnic a čel korby
m_c	kg	celková povolená hmotnost přívěsu
m_d	kg	hmotnost dvojnápravy s příslušenstvím
m_h	kg	hmotnost zatěžující oko tažné oje
m_k	kg	hmotnost plně naložené korby
m_{k0}	kg	hmotnost prázdné korby
m_n	kg	celková hmotnost nosníků podlahového roštu
m_p	kg	provozní hmotnost přívěsu
m_r	kg	hmotnost podvozkového rámu s příslušenstvím
m_u	kg	užitečná hmotnost přívěsu
r_d	m	dynamický poloměr pneumatiky
S_1	m ²	plocha podlahy korby
S_2	m ²	plocha bočnic a čel korby
Z_d	N	radiální reakce vozovky působící na dvojnápravu
F_{sx}	N	podélná složka síly působící na sklápěcí ložisko
F_{sy}	N	příčná složka síly působící na sklápěcí ložisko
F_{sz}	N	svislá složka síly působící na sklápěcí ložisko

F'_{sy}	N	příčná složka síly působící na přední sklápěcí ložisko
F'_{sz}	N	svislá složka síly působící na přední sklápěcí ložisko
F''_{sy}	N	příčná složka síly působící na zadní sklápěcí ložisko
F''_{sz}	N	svislá složka síly působící na zadní sklápěcí ložisko

Obsah

Seznam symbolů.....	2
Úvod.....	7
1 Technická zpráva	8
1.1 Použití přívěsů ve stavebnictví	8
1.2 Druhy stavebních přívěsů	9
1.2.1 Valníkové přívěsy	9
1.2.2 Cisternové přívěsy	9
1.2.3 Podvalníkové přívěsy	9
1.2.4 Sklápěcí přívěsy.....	10
1.3 Převážované stavební materiály	10
1.4 Tažná vozidla přívěsů	11
1.5 Přívěsy točnicové a tandemové.....	12
1.5.1 Točnicové přívěsy	12
1.5.2 Tandemové přívěsy	12
1.6 Sklápěče jednostranné a třístranné.....	13
1.6.1 Jednostranný sklápěč	13
1.6.2 Třístranný sklápěč	14
1.7 Přívěsy v rámci kategorizace vozidel	14
1.8 Hmotnosti přívěsů a souprav	15
1.9 Rozměry přívěsů a souprav.....	17
1.9.1 Vnější rozměry	17
1.9.2 Vnitřní rozměry	18
1.10 Legislativní požadavky na rozměry silničních vozidel a jízdních souprav	19
1.11 Vyráběné třístranně sklápěcí přívěsy	20
1.11.1 Tandemový sklápěcí přívěs Humbauro.....	20
1.12 Tandemový sklápěcí přívěs Fliegl	23
1.13 Tandemový sklápěcí přívěs Schwarzmüller	24
2 Konstrukční parametry pro návrh přívěsu.....	26
2.1 Konstrukční návrh přívěsu.....	27

2.2	Hlavní rozměry a hmotnosti přívěsu	27
2.3	Konstrukční návrh podvozku	28
2.4	Konstrukční návrh korby	36
2.5	Zátěžové stavy	40
2.6	Určení polohy těžiště přívěsu	41
2.7	Stání přívěsu	42
2.8	Přímá jízda přívěsu	44
2.9	Brzdění přívěsu	45
2.10	Sklápění přívěsu dozadu	46
2.11	Sklápění přívěsu do boku	49
3	Shrnutí výsledků	53
3.1	Pevnostní výpočet	54
3.1.1	Výpočet mezního stavu materiálu	54
3.1.2	Výpočtový model	54
3.1.3	Nahrazení náprav	55
3.1.4	Nahrazení karoserie	58
4	Výsledky jednotlivých zatěžujících stavů, přepravní poloha	59
4.1	Stání, přímá jízda	59
4.1.1	Zhodnocení výsledku – stání, přímá jízda	60
4.2	Zpomalení	60
4.2.1	Zhodnocení výsledku – zpomalení	62
4.3	Zvedání dozadu	62
4.3.1	Zhodnocení výsledků – zvedání dozadu	65
4.4	Zvedání do boku	66
4.4.1	Zhodnocení výsledků – zvedání do boku	70
5	Závěr	71
6	Příloha I	73
7	Seznam zdrojů	75

ÚVOD

Přívěs je nemotorové přípojně vozidlo určené k tomu, aby bylo taženo vozidlem motorovým – například osobním či nákladním automobilem, přívěsovým tahačem nebo traktorem. Během tažení se na tažné vozidlo přenáší pouze malá část hmotnosti přívěsu. Ovládání přívěsu (např. brzdění, zatačení) je zajišťováno řidičem z kabiny tažného vozidla. Přívěs a tažné vozidlo mají některé systémy společné: vzduchotechniku, elektrické napájení a další.

Ve stavebnictví slouží přívěsy k přepravě různých materiálů (kusových, sypkých, kapalných apod.), dále k přepravě strojů a jejich příslušenství. Nejběžnější jsou zde přívěsy valníkové, podvalníkové, cisternové a sklápěcí. Sklápěcí přívěsy vypadají podobně jako valníky, ale slouží hlavně k přepravě sypkých materiálů (šterku, písku, kameniva, zeminy atd.). Sklápění může být jednostranné, dvoustranné nebo třístranné.

Konstrukční návrh tandemového sklápěcího přívěsu vychází z požadovaných rozměrů a hmotností. Dále se přihlíží k účelu vozidla (rám tuhý či měkký na krut) a k legislativním požadavkům. Pro návrh součástí podvozku je rozhodující maximální povolené zatížení na dvounápravu a maximální povolené zatížení na oku tažné oje. Pro návrh sklápění korby je určující maximální sklápěná hmotnost (tj. hmotnost korby s maximálním nákladem).

Mezi typické provozní stavy přívěsové soupravy patří stání, přímá jízda, brzdění a sklápění. Pro tyto stavy je možné sestavit rovnice rovnováhy sil a momentů, a vypočítat tak přibližnou velikost sil, které působí na vybrané části rámu přívěsu (oko tažné oje, sklápěcí ložiska, teleskopický válec). Vypočtené síly budou dále použity pro pevnostní výpočty.

Významným prostředkem pro numerickou analýzu vlastností kovové konstrukce se stala metoda konečných prvků. Spočívá v rozložení daného tělesa na síť mnoha prvků a vytvoření soustavy rovnic pro tyto prvky. K řešení této soustavy rovnic se používají moderní výpočetní metody. Tato metoda simulace tak pomáhá určit slabá místa návrhu ještě před výrobou.

1 Technická zpráva

1.1 Použití přívěsů ve stavebnictví

Mezi praktické a oblíbené dopravní prostředky ve stavebnictví patří přívěsy, připojované nejen za nákladní automobily a traktory, ale i za výkonné osobní a dodávkové vozy. Přívěsy jsou vhodné pro přepravu materiálů, strojů a strojního příslušenství. Lze je zaparkovat buď přímo na staveništi, nebo v jeho bezprostřední blízkosti. Výhodné je, že odstavené přívěsy neblokují mobilitu nákladních vozidel a s vykládkou naloženého nákladu je možné počkat až do doby jeho aktuální potřeby. ^[4]

Nákladní přívěsy se vyrábějí s různými druhy karoserií – podobně jako nákladní automobily, v mnoha různých provedeních a nosnostech. Celková hmotnost přívěsu činí obvykle 0,7 až 1,0 celkové hmotnosti tažného vozu. ^[1]

Nákladní přívěs musí umožnit bezpečné uložení nákladu různého druhu tak, aby byla zajištěna jeho snadná nakládka i vykládka. Během přepravy nesmí dojít k poškození nebo ztrátě přepravovaného nákladu, ani k poškození dopravní komunikace nebo životního prostředí. ^[6]

V posledních letech vytvořili výrobci nákladních přívěsů nové koncepce. Snaha o dosažení co nejnížší pohotovostní hmotnosti, při co nejvyšší nosnosti přívěsu a bezpečnosti přepravy, přinesla lepší využití ložné plochy a dokonalejší kotvení nákladu. Zjednodušení obsluhy vedlo ke zvýšení produktivity v důsledku urychlení přepravních cyklů. ^[3]



Obr. 1 Přívěsová souprava na staveništi ^[13]

1.2 Druhy stavebních přívěsů

Podle účelu použití v určitém typu přepravy je možné stavební přívěsy rozčlenit na:^[18]

- valníkové přívěsy pro univerzální použití
- těžké přívěsy a podvalníky
- přívěsné cisterny pro práškové či kapalně materiály
- sklápěcí přívěsy pro sypké materiály

1.2.1 Valníkové přívěsy

Valníkové karoserie se sklápěcími bočnicemi jsou univerzálním typem nástavby. Používají se pro takové druhy provozu a nákladu, kterým tato univerzálnost vyhovuje. Nejlevnější jsou karoserie dřevěné, které však mají malou životnost. Častější jsou karoserie s kovovým roštem nebo s celokovovou konstrukcí.^[1]

1.2.2 Cisternové přívěsy

Přívěsné cisterny pro přepravu práškových materiálů (např. cementu) nebo kapalin (např. pohonných hmot) patří mezi speciální typy přívěsů. Některé mají tepelnou izolaci nebo jsou uvnitř vyloženy hmotou odolnou vůči účinkům přepravovaného materiálu.^[2]

Cisterny jsou buď umístěny na samostatném přívěsovém podvozku, nebo jsou samonosné – tj. vlastní nádrž tvoří nosnou část vozidla. Nádrže mají plnicí a vyprazdňovací otvory a jsou vybaveny pomocným zařízením (čerpadly, kompresory, měřidly průtoku apod.).^[1]

1.2.3 Podvalníkové přívěsy

Podvalníky se používají pro přepravu nedělitelných mimořádně těžkých nebo rozměrných nákladů. Aby bylo těžiště naloženého podvalníku co nejnižší, je jeho ložná plocha umístěna velmi nízko, což usnadňuje nakládku a vykládku. Ložná plocha podvalníku může být také přesunuta mezi podvozky; její tvar může být rovný nebo prohloubený.^[2] Podvalníky mají velký počet kol malého průměru, která jsou

uspořádána a zavěšena takovým způsobem, aby byla stejnoměrně zatížena. Najíždění nákladu usnadňují sklopné rampy, klíny, navijáky tažného vozu apod. ^[1]

1.2.4 Sklápěcí přívěsy

Vozidla se sklápěcí korbou umožňují urychlit přepravu sypkých materiálů, zejména na krátké vzdálenosti. Pro nakládání těchto materiálů do sklápěče se používají rýpadla, dopravníky, násypné zásobníky apod. Sklápěcí zařízení je dnes již výhradně motorické (hydraulické). ^[1]

Speciální skupinu tvoří překlápěče (tzv. dampy) používané obvykle pro převoz zemin na skládku na velmi krátkou vzdálenost. Překlápěče mají velmi krátkou korbu, podepřenou blízko těžiště, takže ke sklopení stačí malá síla. Úhel sklápění může být až 90°. ^[1]

		
a) valníkový přívěs [15]	b) cisternový přívěs [15]	c) podvalníkový přívěs [10]

Obr. 2 Různé druhy stavebních přívěsů

1.3 Přepravované stavební materiály

Pro volbu dopravního prostředku má rozhodující význam druh přepravovaného materiálu a jeho vlastnosti (mechanicko-fyzikální, chemické, biologické apod.). Z hlediska možnosti manipulace s materiálem rozlišujeme tyto dvě skupiny: ^[5]

- Kusový materiál. Obsahuje větší počet jednotlivých kusů stejného nebo podobného druhu (pytle, bedny, cihly, tvárnice). Na manipulaci s materiálem má vliv počet kusů a jejich tvar, velikost a hmotnost.
- Sypký materiál. Lze ho přemísťovat sypáním. Obvykle se přepravuje jako volně ložený. Chování materiálu během přepravy a při manipulaci je ovlivněno velikostí částic.

Objemová hmotnost materiálu je podíl hmotnosti látky k vnějšímu objemu, který zaujímá. V tabulce 1 jsou uvedeny objemové hmotnosti některých přepravovaných stavebních materiálů (kusových i sypkých). ^[5]

Tab. 1 Objemová hmotnost stavebních materiálů ^[5]

materiál kusový	objemová hmotnost [kg/m ³]	materiál sypký	objemová hmotnost [kg/m ³]
cihly plné	1500 až 2100	písek suchý	1350 až 1650
cihly duté	1000 až 1200	písek vlhký	1700 až 2050
kámen	1500 až 2200	cement čerstvě sypaný	1200
dřevo měkké	300 až 450	cement uhlý	1600
dřevo tvrdé	500 až 600	škvára	650 až 750
cement v pytlích	1500	šterk	1500 až 2000

1.4 Tažná vozidla přívěsů

Přívěs je možné zapojit za každé motorové vozidlo, které má potřebné závěsné zařízení, dále zařízení pro napojení brzdového vzduchotlakého potrubí mezi tažným vozidlem a přívěsem, a také zařízení pro napojení elektrické instalace přívěsu na tažné vozidlo. ^[2]

Ve stavebním průmyslu se předpokládá doprava převážně na krátké vzdálenosti, střídavě po silnicích a neupravených cestách (poloterénní provoz), někdy i těžký terénní provoz. Tažná vozidla proto musejí být robustní, s velkou stoupavostí a s velkým rozsahem převodů. ^[1]

Většina nákladních přívěsů bývá tažena klasickými nákladními automobily. Speciální tahače přívěsů se obvykle používají pouze ve spojení s těžkými přívěsy. ^[2]

Tahače přívěsů bývají odvozeny od určitého typu nákladního automobilu, od kterého se však obvykle liší zkráceným rozvorem a zvětšenými převodovými poměry (pro získání větší tažné síly). Přílnavost hnacích kol k vozovce je možné zvýšit zvětšením zátěže. ^[2]

1.5 Přívěsy točnicové a tandemové

Přívěsy se připojují za tažná motorová vozidla pomocí oje. Podle konstrukce a způsobu upevnění tažné oje k rámu přívěsu, lze přívěsy rozdělit na točnicové a tandemové. Přívěsy řízené tažnou ojí tak, že se natáčí celá přední náprava, se nazývají točnicové. Přívěsy řízené tuhou tažnou ojí se nazývají tandemové. [6]

1.5.1 Točnicové přívěsy

Tyto přívěsy obsahují přední nápravu s točnicovým zařízením, pomocí něhož jsou řízeny. Točnicové zařízení má dvě části. Horní část je připevněna na rám podvozku přívěsu. Spodní část je připevněna na rám obsahující tažnou oj, určenou k zavěšení točnicového přívěsu do závěsného zařízení tahače. Mezi horní a spodní částí točnicového zařízení je vloženo kuličkové ložisko. [6]



Obr. 3 Točnicový přívěs [6]



Obr. 4 Tandemový přívěs
skříňový [6]

1.5.2 Tandemové přívěsy

Tyto přívěsy jsou určeny k připojení za vozidla, která umožňují svislé zatížení závěsu a jeho příček a jsou pro tento účel vybavena předepsanou výbavou. Tažná oj je pevně připojena

k rámu podvozku. Oko oje má obvykle průměr 50 mm (alternativně 40 mm) a může být výměnné. Na zádi a na bocích přívěsu jsou podjezdové zábrany. Stabilitu tandemového přívěsu při odstavení zajišťuje přední sklopná opěrná noha a dvě zadní opěrné nohy, které bývají mechanicky stavitelné. [6]

Sklápěcí tandemové přívěsy se vyrábějí jako dvounápravové nebo třínápravové: buď s pevnými nápravami nebo s natáčecí první či poslední nápravou. Uplatňují se

zejména v těžších provozních podmínkách – vzhledem k dobré manévrovatelnosti při couvání a přitěžování hnacích náprav tažného vozidla. Sklápěcí korby mívají standardně paletizační šířku, takže jsou využitelné k dopravě paletizovaného i sypkého nákladu. ^[6]

1.6 Sklápěče jednostranné a třístranné

Sklápěcí korby na přívěsovém nebo návěsovém podvozku slouží k přepravě především sypkých materiálů po veřejných komunikacích i terénních cestách. Konstrukčně mohou být řešeny pro sklápění třístranné, dvoustranné nebo zadní. Ke sklápění korby slouží jeden nebo dva přímočaré hydromotory. Funkční části korby jsou ovládány z kabiny řidiče. ^[5] Podle přepravovaného materiálu rozlišujeme dva základní druhy sklápěčů: stavební vozidla pro těžké sypké materiály (kámen, zemina, písky) a velkoobjemová zemědělská vozidla pro lehké sypké materiály (obiloviny, hnojiva, soli). Standardní stavební sklápěče mají objem korby 25 až 28 m³, kdežto sklápěče pro obiloviny mají objem okolo 50 m³. ^[17] Pro materiály s objemovou hmotností do 500 kg/m³ se doporučuje používat nástavce bočnic – obvykle vyrobené z profilovaného plechu a utěsněné proti vypadávání materiálu. Aby se zabránilo úletu materiálu během jízdy, zakrývají se korby plachtami. Za účelem překládky materiálu mohou být korby vybaveny dopravníkem nebo vysokozdvížným zařízením. ^[5]



Obr. 5 Jednostranně sklápěcí návěs
^[16]



Obr. 6 Třístranně sklápěcí
přívěs ^[11]

1.6.1 Jednostranný sklápěč

Korbu jednostranného sklápěče lze sklápět pouze dozadu, proto je korba konstruována bez otevíratelných bočnic. Přední čelo korby ve směru jízdy je vždy pevné. Zád' korby mívá kónický tvar, což usnadňuje vyklopení materiálu. Korba může mít v zadním čele otvor pro dávkování materiálu. ^[6] Pro zadní sklápěče se někdy

používá ocelová skořepinová korba půlkruhového tvaru, která je maximálně lehká a přitom dostatečně odolná. Korba má výrazný pružicí efekt, což pomáhá absorbovat rázy během nakládky a vykládky. Výhodou je, že v půlkulaté korbě při vysypání neulpívá jílovitý materiál. Tato korba je díky svým mechanickým vlastnostem vhodná do extrémně těžkého provozu (lomy, demoliční práce). [19]

1.6.2 Třístranný sklápěč

Korbu třístranného sklápěče lze sklápět do stran i dozadu. Sklápěcí korba může být ve verzi s elektrohydraulickým nebo plně hydraulickým pohonem sklápění. U elektrohydraulické verze je sklápění řízeno ovladačem na kabelu. U hydraulické verze je řízeno z ovládacího pultu v kabině řidiče. [6]

1.7 Přívěsy v rámci kategorizace vozidel

Pro účely schvalování vozidel a osvědčování jejich technické způsobilosti k provozu na pozemních komunikacích byly zákonem č. 56/2001 Sb. definovány kategorie silničních vozidel: L, M, N, O, T, S, R. Nákladní automobily a tahače patří do kategorie N (motorová vozidla určená pro dopravu nákladu, která mají nejméně čtyři kola). Přívěsy patří do kategorie O (přípojná vozidla), spolu s návěsy. [7]

- Nákladní přívěs je přípojně vozidlo určené pro přepravování nákladu na pozemních komunikacích, které nemá vlastní zdroj pohonu a zpravidla ani hnací nápravy. Přívěs je určen k tomu, aby byl tažen některým druhem motorového vozidla. Na tažné vozidlo se přitom přenáší pouze nepodstatná část celkové hmotnosti přívěsu. [8]
- Nákladní návěs je přípojně vozidlo určené pro přepravování nákladu na pozemních komunikacích, které nemá vlastní zdroj pohonu a zpravidla ani hnací nápravy. Na tažné vozidlo se přitom přenáší podstatná část celkové hmotnosti návěsu. [8]

Kategorie O se dále člení na dílčí kategorie OT1 až OT4 (přípojná vozidla traktorů) a dílčí kategorie O1 až O4: [7]

- O1 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost nepřevyšuje 750 kg;
- O2 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 750 kg, ale nepřevyšuje 3 500 kg;

- O3 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 3 500 kg, ale nepřevyšuje 10 000 kg;
- O4 – přípojná vozidla, jejichž největší přípustná hmotnost převyšuje 10 000 kg.

1.8 Hmotnosti přívěsů a souprav

Pojmy související s hmotností vozidla vycházejí z ČSN 30 0030, některé původní pojmy však byly nahrazeny novými, vycházejícími z vyhlášky č. 341/2002 Sb. Například pojem "celková hmotnost" byl nahrazen pojmem "největší povolená hmotnost" ^[7]

Největší technicky přípustná hmotnost vozidla je největší hmotnost vozidla daná jeho konstrukcí a hmotností nákladu podle údajů výrobce. Při této hmotnosti může být vozidlo provozováno i mimo pozemní komunikace (na stavbách, v lomech, v lesích apod.). ^{[7], [9]}

Největší povolená hmotnost vozidla je největší hmotnost, se kterou smí být vozidlo provozováno na pozemních komunikacích. Je stanovena legislativně a může se v různých státech lišit. ^[9]

Pohotovostní hmotnost vozidla je hmotnost vozidla v pohotovostním stavu – což je nenaložené vozidlo s provozními náplněmi (chladicí kapalina, olej, brzdová kapalina), s palivovou nádrží naplněnou na 90%, s příslušenstvím a předepsanou výbavou. ^[9]

Provozní hmotnost vozidla je pohotovostní hmotnost, zvýšená o smluvní hodnotu hmotnosti řidiče, která je 75 kg. ^[9]

Tab. 2 Největší povolené hmotnosti silničních vozidel ^[6]

kategorie vozidel		největší povolená hmotnost
motorové vozidlo	se dvěma nápravami	18 tun (výjimečně: 19 tun)
	se třemi nápravami	25 tun (výjimečně: 26 tun)
	se čtyřmi a více nápravami	32 tun
přívěs	se dvěma nápravami	18 tun
	se třemi nápravami	24 tun

	se čtyřmi a více nápravami	32 tun
jízdní souprava	–	48 tun

Největší technicky přípustná hmotnost na nápravu odpovídá největšímu technicky přípustnému svislému statickému zatížení, kterým působí náprava na povrch vozovky. Při tomto zatížení nápravy může být vozidlo provozováno i mimo pozemní komunikace. [7], [9]

Největší povolená hmotnost na nápravu je přípustné zatížení jednotlivé nápravy při provozu na pozemních komunikacích. Je stanovena legislativně a může se v různých státech lišit. Tato hodnota závisí na počtu náprav (jednotlivá náprava, dvojnáprava, trojnáprava) a na kategorii vozidla (motorové nebo přípojně). [9], [6]

Dvojnápravou motorového nebo přípojněho vozidla se rozumí dvě za sebou umístěné nápravy, jejichž dílčí rozvor (tj. vzdálenost středů) činí nejvýše 1,8 m. [6]

Trojnápravou motorového vozidla se rozumí tři za sebou umístěné nápravy, jejichž součet dílčích rozvorů činí nejvýše 2,8 m. U trojnápravy přípojněho vozidla je to nejvýše 3,6 m. [6]

Při větších hodnotách jsou nápravy považovány za samostatné. Hmotnost připadající na jednu nápravu dvojnápravy či trojnápravy přípojných vozidel přitom nesmí překročit 10 t. [6]

Tab. 3 Největší povolená hmotnost na nápravu [6]

typ nápravy silničního vozidla	–	největší povolená hmotnost
jednotlivá náprava	–	10 tun (hnací náprava: 11,5 tun)
dvojnáprava motorového vozidla při dílčím rozvoru	do 1 m	11,5 tun
	od 1 m do 1,3 m	16 tun
	od 1,3 m do 1,8 m	18 tun (výjimečně: 19 tun)
dvojnáprava přípojněho vozidla při dílčím rozvoru	do 1 m	11 tun *
	od 1 m do 1,3 m	16 tun *
	od 1,3 m do 1,8 m	18 tun *

trojnáprava motorového vozidla	–	27 tun (jednotlivá nepoháněná náprava v trojnápravě: 9 tun)
trojnáprava přípojného vozidla při větším z dílčích rozvorů	do 1,3 m	21 tun **
	od 1,3 do 1,4 m	24 tun **
	od 1,4 do 1,8 m	27 tun **
* součet zatížení obou náprav dvojnápravy nesmí překročit uvedenou hodnotu ** součet zatížení tří náprav trojnápravy nesmí překročit uvedenou hodnotu		

1.9 Rozměry přívěsů a souprav

Dalším důležitým technickým údajem silničních vozidel jsou jejich rozměry. Základní pojmy související s rozměry vozidel jsou definovány v ČSN 30 0026. ^[7]

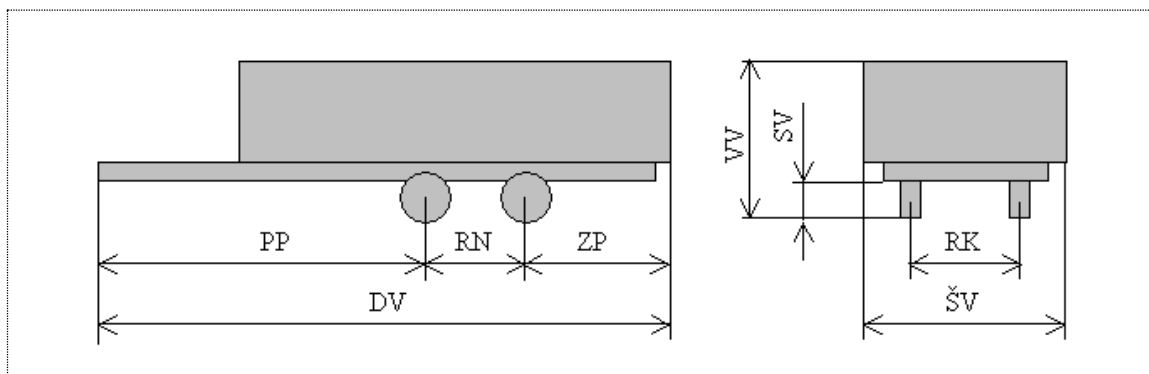
1.9.1 Vnější rozměry

Délka vozidla je vzdálenost dvou svislých rovin kolmých k podélné střední rovině vozidla, které se dotýkají předního a zadního konce vozidla. Mezi těmito rovinami leží všechny části upevněné k vozidlu (narázníky, tabulky SPZ, závěsná zařízení apod.). ^[9]

Šířka vozidla je vzdálenost dvou rovin rovnoběžných s podélnou střední rovinou vozidla, které se dotýkají vozidla na obou stranách této roviny. Určuje se při přípustné celkové hmotnosti vozidla. Mezi těmito rovinami leží všechny pevné části vozidla (kromě zpětných zrcátek, obrysových světel, směrových světel a dalších výjimek). ^[9]

Výška vozidla je vzdálenost mezi vodorovnou rovinou, která se dotýká nejvyššího pevného bodu vozidla, a základnou. Mezi těmito dvěma rovinami leží všechny pevné části vozidla. Určuje se při pohotovostní hmotnosti vozidla. ^[9]

Rozchod kol se přibližně shoduje se vzdáleností středu otisků pneumatik kol téže nápravy na vodorovné vozovce. Určuje se při přípustné celkové hmotnosti vozidla. ^[9]



Obr. 7 Vnější rozměry přívěsu

PP = přední převis; RN = rozvor náprav; ZP = zadní převis; DV = délka vozidla;

RK = rozchod kol; ŠV = šířka vozidla; VV = výška vozidla; SV = světlá výška.

Rozvor náprav je vzdálenost kolmic spuštěných na podélnou střední rovinu vozidla ze středů dvou kol, která jsou umístěna za sebou na téže straně vozidla. Určuje se při přípustné celkové hmotnosti vozidla. ^[9]

Světlá výška je vzdálenost nejnižšího pevného bodu střední části vozidla od základny. Určuje se při přípustné celkové hmotnosti vozidla. Rozlišuje se světlá výška mezi nápravami a světlá výška pod nápravou. Do tohoto prostoru nesmí zasahovat žádná pevná část vozidla (trubky, úchyty, závěsy apod.). ^[9]

Přední převis je vzdálenost mezi svislou rovinou, která prochází středy předních kol, a nejvzdálenějším bodem na přední části vozidla. ^[9]

Zadní převis je vzdálenost mezi svislou rovinou, která prochází středy nejzadnějších kol a nejvzdálenějším bodem na zadní části vozidla. Do převisu jsou zahrnuty všechny části upevněné k vozidlu, například nárazníky, tabulka SPZ, závěsná zařízení a jiné. ^[9]

1.9.2 Vnitřní rozměry

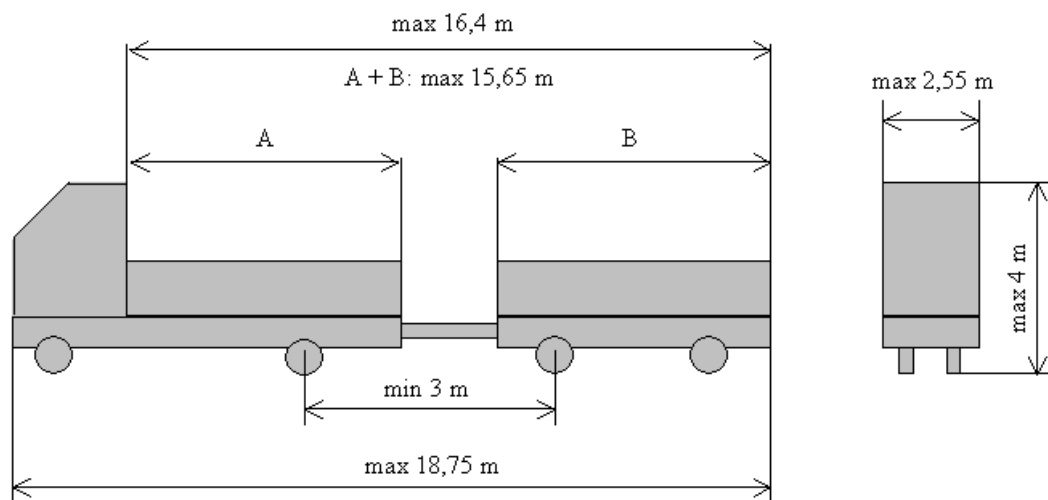
Ložné rozměry jsou rozměry ložného prostoru vozidla (tj. délka, šířka a výška). Rozlišují se největší ložné rozměry (bez zřetele na vnitřní výčnělky) a čisté ložné rozměry (se zřetelem na vnitřní výčnělky). ^[9]

Ložný objem je objem sypkého nebo tekutého nákladu, který může dané vozidlo přepravovat. Obvykle se ložný objem počítá z ložných rozměrů. ^[9]

Výška ložné plochy je vzdálenost ložné plochy nezátíženého vozidla od základny. Určuje se při pohotovostní hmotnosti vozidla. ^[9]

1.10 Legislativní požadavky na rozměry silničních vozidel a jízdních souprav

Největší povolené rozměry vozidel a souprav stanovuje vyhláška č. 341/2002 Sb. Mezní rozměry pro přívěsovou soupravu jsou uvedeny na obrázku 8, z něhož lze odvodit délkové rozměry $A = 7,825$ metru a $B = 7,825$ metru. ^{[7], [8]}



Obr. 8 Mezní rozměry pro přívěsovou soupravu ^[8]

Největší povolená délka jednotlivého vozidla (s výjimkou autobusu a návěsu) je 12 metrů. Největší povolená délka soupravy motorového vozidla s jedním přívěsem je 18,75 metru; v případě přívěsu kategorie O4 pro přepravu vozidel je to 0,75 metru. Největší povolená délka soupravy se dvěma přívěsy nebo s jedním návěsem a jedním přívěsem je 22 metrů. ^[6]

Největší povolená šířka jednotlivého vozidla (kromě výjimek) je 2,55 metru; v případě vozidel s tepelně izolovanou nástavbou o tloušťce stěn větší než 45 mm je to 2,6 metru. ^[6]

Největší povolená výška jednotlivého vozidla (kromě výjimek) je 4 metry; pro přípojná vozidla kategorie O4 určená pro přepravu vozidel je to 4,20 metru. ^[6]

Přívěsová jízdní souprava musí mít takové rozměry, aby splnila požadavky předpisu EHK č.36 pro ustálené zatáčení soupravy po mezikružové ploše (vnější poloměr zatáčení 12,5 metru a vnitřní poloměr zatáčení 5,3 metru). ^[8]

1.11 Vyráběné třístranně sklápěcí přívěsy

1.11.1 Tandemový sklápěcí přívěs Humbaaur

Sklápěcí přívěs Humbaaur HTK o hmotnosti 18 tun je největší a nejúspornější z třístranných sklápěčů HTK. Ve své třídě má příznivě malou ložnou výšku a 600 mm vysoké sklopné bočnice, které poskytují velký ložný objem. Velmi široké pneumatiky zajišťují nízký tlak na podklad a umožňují, aby sklápěč projel i na nekvalitních silnicích a cestách. ^[10]

Tab. 4 Technické parametry přívěsu HTK 185024 ^[10]

parametr	hodnota
celková povolená hmotnost	18000 kg
užitečná hmotnost	13800 kg
rozměry ložné plochy	5040 x 2420 mm
ložná výška	1095 mm
rozměry korby	6950 x 2550 x 1710 mm
úhel sklápění do boku / dozadu	45° / 48°
rozměr pneumatiky	435/50 R 19,5 palců

Tímto typem přívěsu je možné přepravit: ^[10]

- jedno mini-rýpadlo až do hmotnosti cca 14 tun
- 10 tun betonových rour



Obr. 9 Sklápěcí přívěs Humbaaur HTK ^[11]

Technické detaily pro tandemový třístranný sklápěč HTK: ^[11]

- 1) Nápravy s bubnovou brzdou; bezúdržbové parabolické zavěšení náprav (pro optimální vyrovňování zatížení) nebo vzduchové zavěšení.
- 2) Pneumatická brzda (EBS) pro vzduchové zavěšení nebo regulátor brzdné síly (ALB) pro parabolické zavěšení náprav; spojovací hadice s červenými nebo žlutými koncovkami; brzdový systém s pružinovou parkovací brzdou (standardně pro EBS) nebo vřetenová parkovací brzda pro parabolické zavěšení.
- 3) Spojovací zástrčka: 15 - kolíková.
- 4) Dva zakládací klíny pod kola, se zarážkami.
- 5) Vyztužený hřebenový zvedák s nosností 12 tun.
- 6) Středová oj se šroubovacím tažným okem (Ø 50 mm), galvanizovaná, plynule nastavitelná pomocí manipulační kliky.
- 7) Laserově svařované 600 mm vysoké bočnice z vysoce jakostní oceli, které lze sklopit na stranách a vzadu, vyjímatelné a kloubově spojené s centrálním zamykáním; vyjímatelná přepážka.
- 8) Velmi široké jednoduché pneumatiky kvůli nízkému tlaku na zeminu.
- 9) Osvětlovací systém 24 V, s vícekomorovými koncovými světly a bočními označovacími světly (LED).
- 10) Uvazovací prvky (pro 5 tun) zapuštěné do podlahy korby (4 páry na 5 metrů; 5 párů na 5,5 metru).
- 11) Masivní, svařovaný, ponorem galvanizovaný rám pro dosažení optimální stability a zabezpečení; podlaha korby vyrobená z jemnozrnné oceli (o tloušťce 4 mm); dva šrouby výkyvného ložiska.
- 12) Rám korby galvanizovaný ponorem za tepla – s podélnými, příčnými a úhlopříčnými výztuhami pro dosažení vysoké stability a pevnosti při bodovém zatížení.
- 13) Sklopné bočnice natřené vysoce jakostní dvousložkovou podkladovou barvou kvůli optimální ochraně proti korozi; duté komory jsou utěsněny a natřeny jednobarevně v odstínu RAL (podle požadavků).

- 14) Motoricky poháněný hydraulický třístranně sklápěcí systém (pětipolohový); galvanicky chromovaný válec s omezovačem zdvihu.
- 15) Blatníky s ochranou proti rozstříku.



Obr. 10 Zadní sklápění přívěsu HTK ^[11]



Obr. 11 Boční sklápění přívěsu HTK ^[11]

1.12 Tandemový sklápěcí přívěs Fliegl

Pro přepravu sypkých materiálů nabízí společnost Fliegl tandemové třístranné sklápěče typu TSK v několika velikostech: od nejmenšího sklápěče TSK 80 až po největší sklápěč TSK 180 v podvalníkovém provedení. Užitečná hmotnost sklápěčů této řady je 5600 až 12500 kg. ^[12] Korby mají délku od 400 mm do 600 mm, při šířce 2300 mm nebo 2420 mm. Tyto přívěsy je možné vybavit je zasouvacími hliníkovými rampami, což umožňuje přepravovat také různé pracovní stroje včetně pásových. ^[12] Třístranný sklápěč Fliegl TSK má pozinkovaný podvozek, zesílené listové pérování, vysoko dimenzované nápravy, ochranu proti podjetí, zástěrky, klíny pro zajištění kola ^[13]. Pro tvrdé podmínky na stavbě je určen model TSK 180 s celkovou povolenou hmotností 18 tun. ^[14] Korba přívěsu má stabilní zesílený rám a masivní 4 mm silnou podlahu z ocelového plechu. Speciální tvar podlahy a těsné bočnice zabráňují ztrátě nákladu. Tato bočnice – vhodná pro každé použití – je až metr vysoká, sklopitelná a odnímatelná. Sklápěcí zařízení umožňuje při sklápění dozadu maximální sklápěcí úhel 47°, při bočním sklápění úhel 50°. Standardně je přívěs vybaven na třech stranách centrálním zavíráním s 5 až 6 závěsy. ^[14] Tyto přívěsy mají výškově nastavitelnou oj a stabilní zadní podpěru. Výšku oje lze nastavit pomocí mechanismu s klikou. Pérování a brzdové zařízení je umístěno nad nápravami. Tento způsob konstrukce chrání komponenty před poškozením a zaručuje velkou světlou výšku, což je na staveništi výhodou. ^[14]



Obr. 12 Sklápěcí přívěs Fliegl TSK ^[14]

1.13 Tandemový sklápěcí přívěs Schwarzmüller

Společnost Schwarzmüller vyrábí třístranně sklopný tandemový přívěs s celkovou hmotností 18 tun, určený pro stavebnictví. Jeho parametry jsou uvedeny v tabulce 5. ^[15]

Rám podvozku má ocelovou svařovanou konstrukci s centrálně uloženými nápravami. Rám má hmotnostně optimalizované odlehčené provedení. Zalomená tažná oj je výškově stavitelná

po 110 mm; šroubovací tažné oko má průměr 50 mm; připojovací výška nezatíženého přívěsu je 800 až 1000 mm. V přední části přívěsu je jedna mechanická opěrná noha. ^[16]

Tab. 5 Technické parametry sklápěcího přívěsu Schwarzmüller ^[15]

parametr	hodnota	parametr	hodnota
celková povolená hmotnost	18000 kg	rozvor náprav	1310 mm
užitečná hmotnost	13600 kg	rozměry ložné plochy	5100 x 2420 mm
pohotovostní hmotnost	4400 kg	výška bočnic	880 mm
celková délka přívěsu	7200 mm	výška předního čela	1100 mm
celková výška přívěsu	2420 mm	výška zadního čela	980 mm

Podvozek obsahuje nápravy s bubnovými brzdami a automaticky stavitelnou brzdovou páku. Nápravy mají vzduchové odpružení s automatickým vypouštěním pružících měchů. Hadice jsou vedeny pod tažnou ojí. Zatížení na nápravu je 9 t. Přívěs má čtyři kola na pneumatikách 385/65 R22,5 s ocelovými ráfky 11,75 x 22,5. Brzdový systém je elektronický; na druhé nápravě je pružinová parkovací brzda. ^[16]

Sklápěcí korba má celosvařovanou konstrukci, s podlahou z jemnozrného ocelového plechu HARDOX tloušťky 5 mm. Konstrukce je tvořena kónickými podélníky trapézového profilu, což zaručuje vysokou pružnost při tlumení nárazů. Přední pevná stěna korby je z ocelového plechu tloušťky 4 mm. Jednodílné zesílené bočnice jsou z dutých hliníkových profilů 60/40 mm. Dutinová konstrukce korby je izolovaná, což brání promrznutí a přilepení nákladu. Bočnice jsou sklopné, mají

prodloužené tyčové uzávěry a pomocné pružiny pro zdvih. Centrální ovládání bočnic je manuální. ^[16]



Obr. 13 Sklápěcí přívěs Schwarzmüller ^[16]



Obr. 14 Korba s trapézovými podélníky ^[16]

2 Konstrukční parametry pro návrh přívěsu

Mezi hlavní provozně-technické parametry přívěsů patří: ^[2]

- celková délka přívěsu s tažnou ojí a délka bez oje;
- celková šířka a celková výška přívěsu;
- rozvor náprav přívěsu;
- výška ložné plochy od země;
- celková povolená hmotnost;
- pohotovostní hmotnost;
- užitečná hmotnost;
- dovolená rychlost;
- nejmenší průměr zatáčení.

Hmotnost převáženého materiálu nesmí překročit užitečnou hmotnost přívěsu; ta je dána rozdílem celkové povolené hmotnosti přívěsu a jeho provozní hmotnosti podle vztahu: ^[5]

$$m_u = m_c - m_p \quad (1)$$

m_u [kg] užitečná hmotnost přívěsu

m_c [kg] celková povolená hmotnost přívěsu

m_p [kg] provozní hmotnost přívěsu

2.1 Konstrukční návrh přívěsu

Z hlediska kategorizace silničních vozidel patří navrhovaný přívěs do kategorie O4 (jeho největší povolená hmotnost přesahuje 10 000 kg). Největší možné celkové rozměry tohoto přívěsu jsou omezeny vyhláškou č. 341/2002 Sb.: největší povolená délka přívěsu s ojí je 12 metrů, největší povolená šířka přívěsu je 2,55 metrů a největší povolená výška je 4 metry. ^[2]

Navrhovaný přívěs bude mít užitečnou hmotnost $m_u = 18000 - 4500 = 13500$ kg. Při této užitečné hmotnosti má přívěs poměrně malý zadaný ložný objem 12 m³. Bude tedy vhodný hlavně pro převážení těžšího sypkého materiálu (kamenivo, štěrk, písek apod.). Vzhledem k tomu, že náklad bude těžký a podlaha přívěsu leží dost vysoko, bude nakládka přívěsu vyžadovat specializovaná zařízení.

Maximální konstrukční rychlost tohoto přívěsu bude 80 km/h.

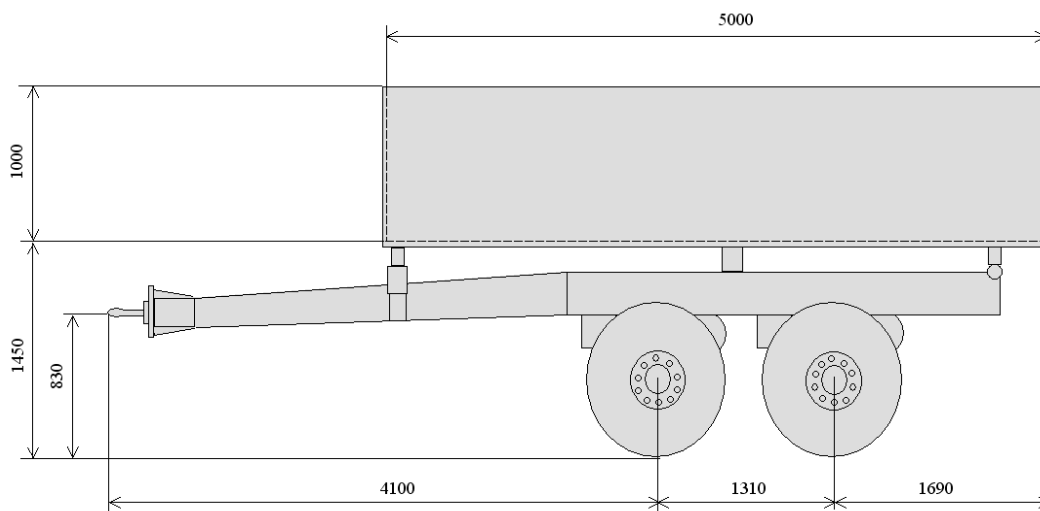
2.2 Hlavní rozměry a hmotnosti přívěsu

Tab. 6 Hlavní technické parametry navrhovaného přívěsu

parametr	hodnota	parametr	hodnota
celková povolená hmotnost	18000 kg	rozchod kol	2040 mm
pohotovostní hmotnost	4500 kg	délka oje	3565 mm
užitečná hmotnost	13500 kg	výška oka oje	830 mm
celková délka přívěsu	7100 mm	délka ložného prostoru	5000 mm
přední převis	4100 mm	šířka ložného prostoru	2420 mm
rozvor náprav	1310 mm	výška ložného prostoru	1000 mm
zadní převis	1690 mm	výška ložné plochy nad zemí	1450 mm

Přívěs s centrálními nápravami má nápravy umístěny blízko těžiště přívěsu při rovnoměrně rozloženém nákladu. Podle předpisu EHK č. 55 nesmí svislé statické zatížení, přenášené na bod spojení, překročit 10 % maximální hmotnosti přívěsu nebo

1000 kg, přičemž platí menší z obou hodnot. ^[22] Dále platí, že u přívěsové dvojnápravy s rozvorem náprav větším než 1,3 metru nesmí součet zatížení obou náprav překročit hodnotu 18000 kg. Znamená to, že největší povolená hmotnost na jednu nápravu činí 9000 kg; na jedno kolo je to 4500 kg.



Obr. 15 Hlavní rozměry navrhovaného přívěsu

Oje pro přívěsy s nápravami uprostřed musejí mít výškově seřiditelné podpěrné zařízení, pokud svislé zatížení na oku oje přesahuje 50 kg (při maximální přípustné hmotnosti přívěsu a rovnoměrném rozložení nákladu). ^[22]

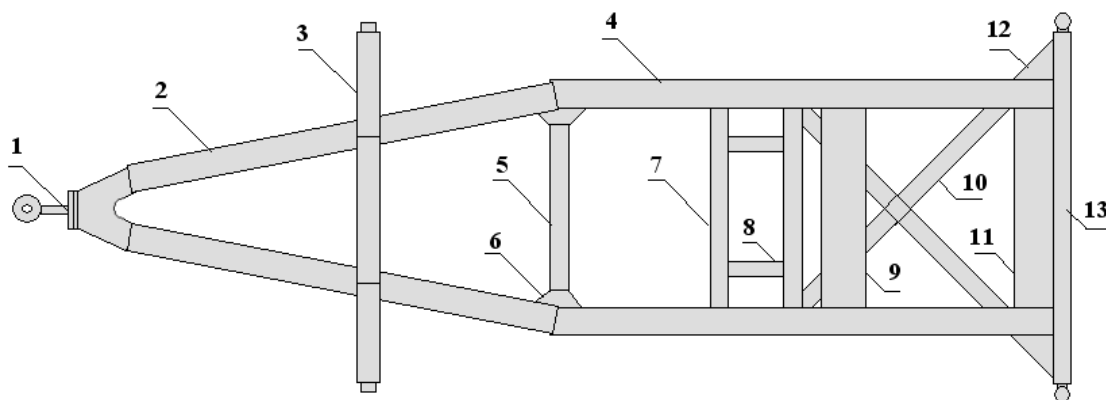
2.3 Konstrukční návrh podvozku

Podvozek je základní částí vozidla a tvoří nosnou část pro jeho nástavbu. Přívěsový podvozek má tyto části: rám, nápravy s koly, odpružení, brzdy, připojovací zařízení a řídicí zařízení. ^[5]

Rám je základní nosnou částí vozidla. U nákladních vozidel je to obvykle rám žebřinový, vytvořený ze dvou podélníků, k nimž jsou připojeny profilové příčky. U přívěsů mají podélníky po celé délce stejnou výšku a vyrábějí se z běžných válcovaných profilů I. Příčky se vyrábějí z téhož materiálu jako podélníky a připojují se k nim nýťováním či svařováním. ^[20]

Tzv. monoblokové rámy se vyrábějí z kvalitní oceli a mají proto menší hmotnost oproti dvojitým ráům (hlavní rám a pomocný rám). Geometrie a průřezy rámu se přizpůsobují účelu vozidla. Při jízdě v terénu nebo po nerovné vozovce je rám namáhán

na ohyb a krut, proto se pro vozidla provozovaná v terénu požaduje rám měkký na krut. [8] U přívěsů se pro spojování podélníků a příčníků rámu podvozku osvědčilo svařování. Pro úsporu konstrukční výšky se příčníky obvykle prostrkávají stojinami podélníků. Svařované spojení obou profilů musí být řešeno svislým svařovacím švem mezi oběma stojinami. [8]



Obr. 16 Žebřinový rám navrhovaného přívěsu

Žebřinový rám navrhovaného přívěsu je vyroben jako svařenec z oceli ČSN 411523/S355. Všechny součásti jsou vylisovány z plechu, profily jsou vytvořeny ohýbáním. Hlavními nosnými prvky jsou dva podélníky (4), ke kterým je zepředu přivařena tažná oj (2). V místě připojení oje leží střední příčka rámu (5), která má na koncích styčnickový plech (6). V těžišti rámu je umístěna podpora pro teleskopické zdvihadlo, tvořená dvěma příčnými nosníky (7) a dvěma podélnými nosníky (8). Zadní část rámu je vyztužena středním výztužným plechem (9), výztužným křížem (10), zadním výztužným plechem (11) a dvěma rohovými výztužemi (12). Na konci rámu je přivařena zadní příčka (13) zakončená kulovými čepy pro sklápění korby. Dále jsou na každé boční straně rámu čtyři svislé výztuhy.

Tažná oj (2) ve tvaru V je lomená pod úhlem zhruba 5° a je svařena ze tří částí. Vepředu je na ní navařena destička pro našroubování normalizovaného oka o průměru 50 mm (1). Na tažnou oj je nastrčena příčka (3) ve tvaru polokruhové desky, svařená ze tří dílů (viz obrázek 18). Na konci této příčky jsou umístěny čepy pro boční sklápění.

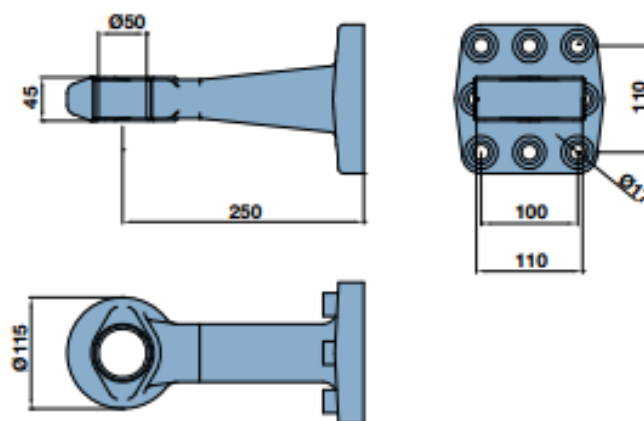
Tažná oj má za úkol přenášet vzájemné síly mezi tažným vozidlem a přívěsem. U přívěsu s centrálními nápravami je tuhá tažná oj upevněna na rámu přívěsu. Přívěs je

možné řídit, protože nápravy jsou namontovány uprostřed. Upevnění oje se nazývá "tuhé", protože se přenáší nejen síly vodorovné, ale i svislé. Statické zatížení oje představuje 4 až 10% celkové hmotnosti přívěsu. ^[21]

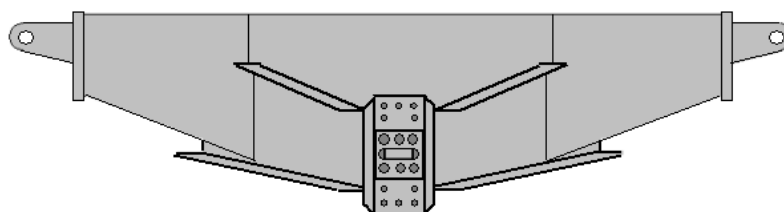
Tab. 7 Seznam součástí žebřinového rámu

	název součásti	popis součásti
1	oko oje	Ø 50 mm, šroubovací, třída D50-C, DIN 74053, ISO 1102
2	nosník tažné oje	profil C proměnné výšky, délka 2800 mm, šířka 120 mm, tl. plechu 6 mm
3	příčka oje	profil C proměnné výšky, délka 1800 mm, šířka 140 mm, tl. plechu 6 mm
4	podélník rámu	profil I 328 x 120 mm, délka 3200 mm, tl. stojiny 4 mm, tl. pásnice 6 mm
5	střední příčka rámu	profil C 301 x 100 mm, délka 1020 mm, tl. plechu 5 mm
6	stýčkový plech	trojúhelníkový plech, tloušťka 6 mm
7	příčný nosník zdvihačla	profil C 200 x 100 mm, délka 1185 mm, tl. plechu 6 mm
8	podélný nosník zdvihačla	profil U 120 x 50 mm, délka 400 mm, tl. plechu 6 mm
9	střední výztužný plech	ohýbaný plech 1185 x 350 mm, tloušťka 3 mm
10	výztužný kříž	plochá tyč 120 x 8 mm, délka 1720 mm + profil U 120 x 8 mm, délka 1720 mm, tloušťka 6 mm
11	zadní výztužný plech	plech 1185 x 250 mm, tloušťka 6 mm
12	rohová výztuha	trojúhelníkový plech, tloušťka 8 mm
13	zadní příčka rámu	kruhová trubka Ø 108 x 10 mm, délka 1840 mm

Tuhé tažné oje mohou mít různé konstrukční varianty. Svařované oje bývají uchyceny k přívěsu ve dvou bodech, vzdálených nejméně 1000 mm od sebe. Tyto oje mohou být k přívěsu přišroubovány nebo přivařeny. [8] Oje se mohou skládat z více dílů, mohou být přestavitelné nebo mít zalomený tvar. Normalizovaná oka ojí mohou být připevněna svarem, závitovým spojem nebo šroubovým spojem. Jsou určena pro čep o průměru 40 nebo 50. [22]



Obr. 17 Tažné oko třídy D50-C ^[21]



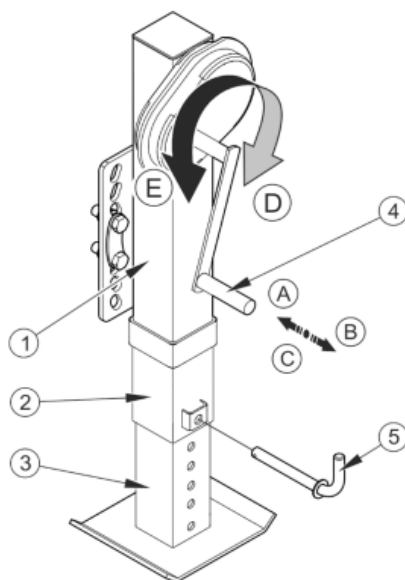
Obr. 18 Tažná oj s příčkou

Opěrná noha umožňuje nastavit správnou výšku oka tažné oje vzhledem k závěsu tažného vozidla. ^[25] Bude namontována opěrná noha typu KRA 1100 FL/1 (výrobce Simol), což je přírubová galvanizovaná mechanická noha s dvoustupňovým převodem, určená hlavně pro tandemové přívěsy. Její parametry jsou: vnější trubka □ 110 mm, délka v zatažené poloze 960 mm, délka výsuvu 470 mm, maximální statické zatížení 10000 kg, vlastní hmotnost 43 kg. ^[26] Tato noha bude přišroubována na vnitřní stranu jednoho z podélných nosníků tažné oje.

Součásti této mechanické nohy jsou: nosné těleso (1), vnitřní trubka (2), dolní patka (3), klika (4) a čep (5). Poloha A je určena pro převod I (nízké otáčky), poloha B je určena pro převod II (vysoké otáčky), poloha C je neutrální. Ve směru D se opěrná noha vysouvá, ve směru E se zasouvá. Poloha A slouží k ovládání nohy naloženého přívěsu, poloha B slouží k ovládání nohy nenaloženého přívěsu. V dané poloze se noha zajistí vložením čepu do otvoru. ^[25]



Obr. 19 Opěrná noha KRA 110 FL [26]



Obr. 20 Složení a funkce mechanické nohy [25]

Systém odpružení vozidla je umístěn mezi nápravami a rámem. Jeho úkolem je:

- zmírnit rázy a otřesy karoserie na nerovném podkladu;
- zmenšit namáhání rámu (zejména krutem);
- udržet všechna kola v neustálém kontaktu s podkladem. [28]

Pneumatické odpružení je založeno na pružině, ve které je pružicím médiem vzduch. Mezi běžné typy patří vzduchové pružiny vakové, u kterých se propérování realizuje navalováním vaku na píst válcového nebo kónického tvaru. [5] Pneumatické

odpružení má schopnost vyrovnávat rozdíly v zatížení náprav u vozidla plně zatíženého i nezatíženého. ^[1]

Nápravy bývají ocelové s kruhovým nebo čtvercovým profilem, a jsou zakončené čepy pro uchycení nábojů kol. ^[5] U přívěsů se používají tuhé nápravy, které se jako celek vychylují kolem svislé osy a tím umožňují změnu směru jízdy. U tuhé nápravy jsou obě kola spojena pevně (není možná změna rozchodu kol). ^[28]

Nápravy mají následující účel:

- nést tíhu vozidla a přenášet ji na kola;
- přenášet hnací, brzdné a boční síly mezi kolem a rámem;
- umožnit odpružení vozidla pomocí pružin. ^[28]

V navrhovaném přívěsu bude použita náprava se čtvercovým profilem a vzduchovým pérováním SAF Intra Mega, která je vhodná pro objemné hmotnostně optimalizované přívěsy s maximálním zatížením nápravy 9 tun. V kombinaci s přívěsovou kotoučovou brzdou SAF o rozměru 22,5 palce má celá sestava (bez brzdového válce) hmotnost 405 kg. ^[23]



Obr. 21 Náprava SAF Intra Mega ^[23] 1 – vzduchová pružina, 2 – tlumič pérování, 3 – nápravnice, 4 – závěsné rameno, 5 – náboj kola



Obr. 22 Kotoučová brzda SAF ^[24]

V koncepci SAF Intra vytváří závěsné rameno a nápravnice nedělitelnou bezúdržbovou jednotku, čímž se eliminuje potřeba šroubů a matic. Celá koncepce je robustní a přitom odlehčená. Patentované uspořádání závěsného ramena chrání brzdový válec před poškozením. Také tlumič pérování je chráněn, vzhledem k jeho poloze na závěsném rameni. Dlouhodobou životnost zajišťuje galvanické pokovování ponorem a optimální antikorozi ochrana. ^[23]

Kotoučová brzda SAF typu SBS 2220 H0 snižuje hmotnost vozidla, optimalizuje spotřebu paliva a redukuje ekologickou zátěž. Vyznačuje se dobrým výkonem a dlouhou životností brzdového kotouče i destiček. Brzda má hmotnost 32 kg (včetně brzdových destiček); brzdící moment je 20 kNm. ^[24]

Brzdový systém přívěsu musí splňovat dvě základní podmínky: ^[20]

- brzda přívěsu musí působit současně s brzdou tažného vozidla;
- brzda přívěsu musí přívěs samočinně zabrzdit, je-li přerušeno spojení s tažným vozidlem.

Brzdový systém musí zajistit požadované zpomalení celé jízdní soupravy a zabránit jejímu samovolnému rozjetí během stání. Požadavky na brzdový systém přípojných vozidel jsou stanoveny vyhláškou č. 341/2002 Sb. ^[5]

Pneumatiky přípojných vozidel musejí vyhovovat jízdě v měkkém terénu i po zpevněných komunikacích. Musejí zajišťovat přenos svislého zatížení (hmotnost vozidla) i vodorovných sil (brzdná síla apod.) a musejí mít nízký valivý odpor. Část

pneumatiky, která je v kontaktu s podkladem (běhoun) se vyrábí z otěruvzdorné tvrdé pryže. Povrch pneumatiky je tvarově upraven a vytváří vzorek (dezén), který odpovídá účelu použití. Pro přípojná vozidla jsou vhodné pneumatiky s podélnými drážkami. [5]



Obr. 23 Pneumatika Michelin X
Maxitrailer^[27]



Obr. 24 Diskové kolo Lemmerz
[32]

Pro návrh přívěsu byla zvolena pneumatika Michelin X Maxitrailer 445/40 R 22,5 vhodná pro přívěsy v dálkové přepravě. Má dobrou přilnavost za mokra (v kategorii B), je výhodná pro energetickou spotřebu (má valivý odpor v kategorii C) a je velmi tichá (hluk při odvalování je 67 dB). Pneumatika má nosnost 4500 kg pro jednomontáž, šířku 460 mm, vnější průměr 980 mm v nezatíženém stavu, poloměr v zatíženém stavu 456 mm, hmotnost 90,71 kg. [27]

Kola nesou vozidlo a zároveň se jejich prostřednictvím mění směr jízdy – zpravidla pomocí předních kol. Kola a nápravy patří mezi neodpérované hmoty vozidla, proto musejí mít co nejmenší hmotnost. Dále kola musejí mít potřebnou pružnost a pevnost a musejí být dobře vyvážená, aby se zabránilo jejich kmitání. [20] U přípojných vozidel se nejčastěji používají disková kola. Disk se vyrábí lisováním z nízkouhlíkaté oceli. Někdy bývá odlehčen otvory, umožňujícími přístup chladicího vzduchu k brzdám. [5]

Pro navrhovaný přívěs bylo zvoleno diskové kolo Lemmerz 15 x 22,5 / 10, které je určeno pro nákladní vozidla a je vhodné pro výše uvedený typ pneumatik. Vyrobeno je tvářením za studena z ocelových plechů. Parametry kola jsou: průměr středového otvoru 281 mm, deset děr pro šrouby M22 s roztečí 335 mm, hmotnost kola 55 kg, maximální zatížení 5300 kg. [32]

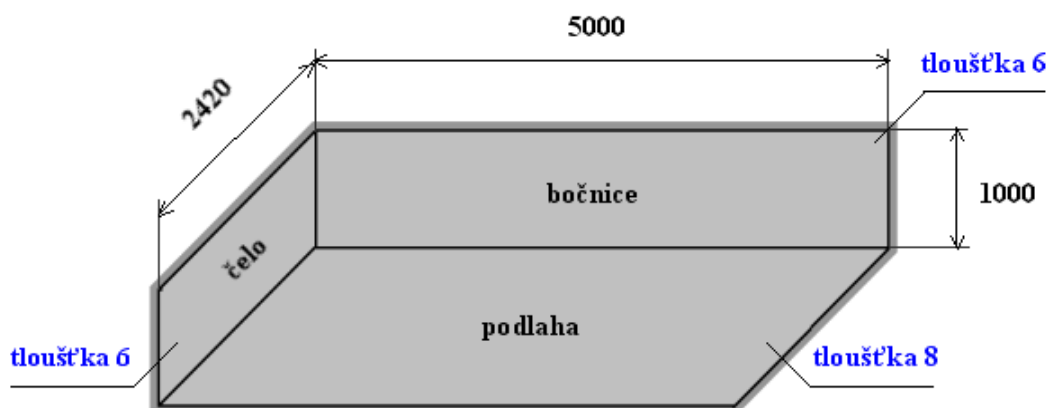
2.4 Konstrukční návrh korby

Způsob připevnění nástavby k rámu podvozku se řídí hlavně požadovanou torzní tuhostí. Korby valníků a sklápěček jsou měkké na krut: při jízdě sledují zkroucení podvozku. Naopak cisternové a skříňové nástavby jsou tuhé na krut. [8]

Materiály pro výrobu korby zahrnují klasické konstrukční oceli, vysokopevnostní materiály (např. DOMEX 650) a ořezuvzdorné materiály (např. HARDOX 450). Korby se vyrábějí také z hliníku, což vede k úspoře vlastní hmotnosti korby až o 30 %. Objem a velikost korby závisí na konkrétním podvozku a na legislativním omezení (zatížení náprav, povolené rozměry). [33]

Hardox je ořezuvzdorný plech s vysokou odolností proti opotřebení. Vyznačuje se vysokou tvrdostí, vysokou pevností a výbornou houževnatostí. Ačkoli jsou plechy Hardox 3 až 4-krát tvrdší než běžné ocelové plechy, jejich výborná svařitelnost a přijatelná obrobitelnost umožňuje snadné zpracování. Jejich životnost bývá až 5x vyšší než u běžného plechu. [29]

Korba bude zhotovena z materiálu Hardox 450 s těmito parametry: tvrdost HB 425 až 455, vrubová houževnatost 35 J, mez kluzu R_p 1200 N/mm², mez pevnosti R_m 1400 N/mm², tažnost 10%. [29] Podlaha bude z plechu o tloušťce 8 mm, čela a bočnice budou z plechu o tloušťce 6 mm. Prodávané plechy mají rozměr 6 x 2,5 metru; plocha je 15 m². [30]



Obr. 25 Rozměry a tloušťka plechů korby

Podlaha: Hmotnost prodáváného plechu o tloušťce 8 mm je 960 kg. Plošná hustota bude: $\sigma_1 = 960 : 15 = 64 \text{ [kg/m}^2\text{]}$. Z Obr. 25 je zřejmé, že podlaha korby bude zabírat plochu $S_1 = 2,42 \cdot 5 = 12,1 \text{ [m}^2\text{]}$. Hmotnost podlahy bude $m_1 = \sigma_1 \cdot S_1 = 774,4 \text{ [kg]}$.

Bočnice a čela: Hmotnost prodáváného plechu o tloušťce 6 mm je 720 kg. Plošná hustota: $\sigma_2 = 720 : 15 = 48 \text{ [kg/m}^2\text{]}$. Plocha bočnic a čel: $S_2 = 2 \cdot 2,42 \cdot 1 + 2 \cdot 5 \cdot 1 = 14,84 \text{ [m}^2\text{]}$.

Hmotnost bočnic a čel bude $m_2 = \sigma_2 \cdot S_2 = 712,3 \text{ [kg]}$.

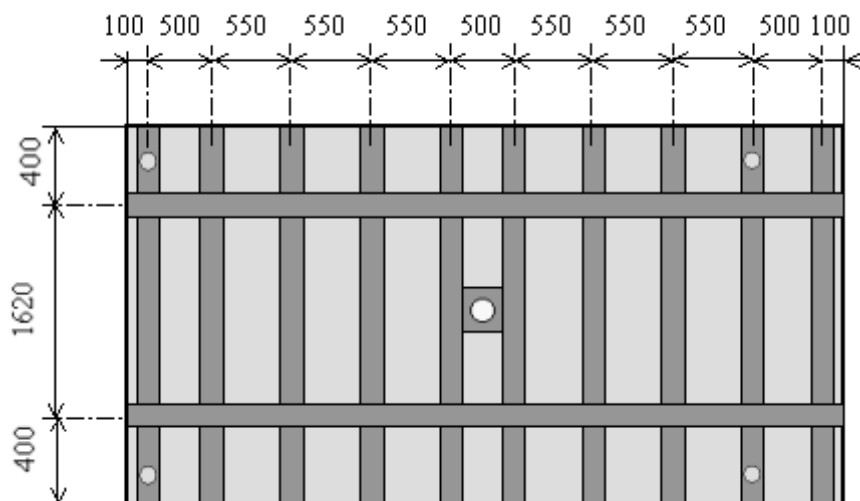
Podlahový rošt bude tvořen dvěma podélníky a deseti příčnými zhotovenými z uzavřených obdélníkových profilů 120x40x3 válcovaných za tepla (viz ČSN EN 10025) z oceli S235JR. Délková hmotnost tohoto profilu je 7,5 kg/m.^[30] Podélníky a příčníky budou přivařeny k sobě navzájem a také k podlaze. Příčníky uprostřed roštu budou využity pro horní uchycení teleskopického válce. Na dva příčníky budou přivařeny horní části sklápěcích ložisek.

Celková délka nosníků: $l_n = 2 \cdot 5 + 10 \cdot 2,42 = 34,2 \text{ [m]}$.

Celková hmotnost těchto nosníků: $m_n = 34,2 \cdot 7,5 = 256,5 \text{ [kg]}$.

Celková hmotnost prázdné korby: $m_{k0} = 774,4 + 712,3 + 256,5 = 1743 \text{ [kg]}$.

Hmotnost korby s maximálním nákladem: $m_k = 174 + 13500 = 15243 \text{ [kg]}$.



Obr. 26 Podlahový rošt korby

Zdvihadlo u třístranně sklopné karoserie je obvykle teleskopické, a bývá umístěno přibližně uprostřed ložné plochy karoserie mezi podélníky rámu. Zachyceno je v kulových čepech na podvozku a na korbě. Mělo by zabírat co nejméně prostoru a mělo by mít co nejdelší zdvih, zaručující dostatečný úhel sklápění. ^[20]

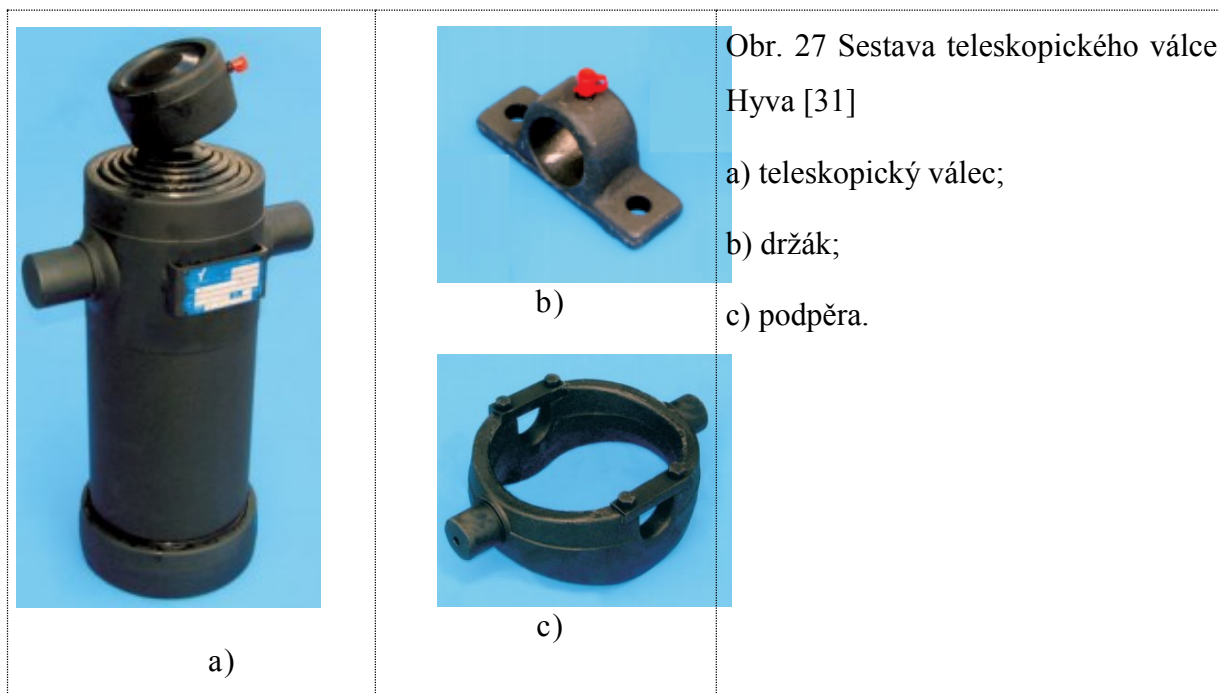
Teleskopické zdvihadlo má několik pístů, které se zasouvají do sebe, takže je v zasunuté poloze poměrně nízké. Tlakový olej se do válce přivádí zdola a svým tlakem působí na písty. Největší plochu vystavenou tlaku oleje má vnější píst, proto se vysouvá jako první, a další písty unáší s sebou. Vnitřní píst se vysouvá jako poslední. ^[20]

Bude namontován teleskopický válec Hyva typu UCB 145-5-01850, který má pět stupňů. Efektivní průměr prvního pístu je 145 mm, celkový zdvih je 1850 mm, maximální pracovní tlak je 180 barů, vlastní hmotnost je 81,5 kg, sklápěná hmotnost je maximálně 16 tun. Pro uchycení teleskopického válce na rám podvozku slouží podpěra a dva držáky. ^[31]

Maximální zdvihová síla, kterou může vyvinout teleskopický hydromotor, je závislá na ploše pístu prvního stupně a na maximálním tlaku :

$$F_{v,\max} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \cdot p_{t,\max} = 0,7854 \cdot 0,145^2 \cdot 180 \cdot 10^5 = 297 \text{ [kN]}$$

Teleskopické sklápěcí válce Hyva jsou odlehčené a využívají málo oleje, proto se rychle vysouvají a zasouvají. Přitom jsou velmi pevné, stabilní a bezúdržbové. Válce pod korbu určené pro třístranné sklápění se vyrábějí v produktových řadách UCB, KRM a KRA. ^[31]



Sklápěcí ložiska budou svojí horní částí přivařena ke spodku korby. Dolní části sklápěcích ložisek budou přivařeny ke koncům přední a zadní nosné příčky.

Třístranně sklápěcí ložisko Leisinger typ 3000 má průměr 80 mm. Je vhodné pro sklápěcí přívěsy o celkové hmotnosti až 24 tun. Toto ložisko je podpíráno bezúdržbovým způsobem v našroubované umělohmotné misce, která také zaručuje dlouhodobou provozní životnost. Sestava ložiska dále obsahuje navařovací kouli (volitelně s kulatým nebo hranatým hřídelem), systém tlumení hluku a pojistný šroub se závlačkou. ^[34]

Dvoustranné sklápěcí ložisko Leisinger typ 8000 a k němu přidružená vidlice jsou určeny pro přívěsy o celkové hmotnosti až 28 tun. Sestava ložiska obsahuje ložiskové těleso s tlumením hluku, ložiskovou vidlici a pojistný šroub se závlačkou. Toto ložisko může být kombinováno s třístranně sklápěcím ložiskem Leisinger 3000. ^[34], ^[35]



Obr. 28 Sklápěcí ložisko
Leisinger 3000 ^[35]



Obr. 29 Sklápěcí ložisko
Leisinger 8000 ^[35]

Otevírání a zavírání bočnic bude prováděno ručně. Bočnice budou nedělené (bez středového sloupku), zavěšené na spodním závěsu. Pro snadnější manipulaci budou na předním čele namontovány ocelové pružiny, které zmenšují sílu nutnou ke zvednutí bočnic.

Otevírání a zavírání zadního čela bude prováděno automaticky pákovým mechanismem. V horní části budou namontovány závěsy pro vyklápění. V dolní části budou přivařena oka pro zajišťování čela v uzavřené poloze.

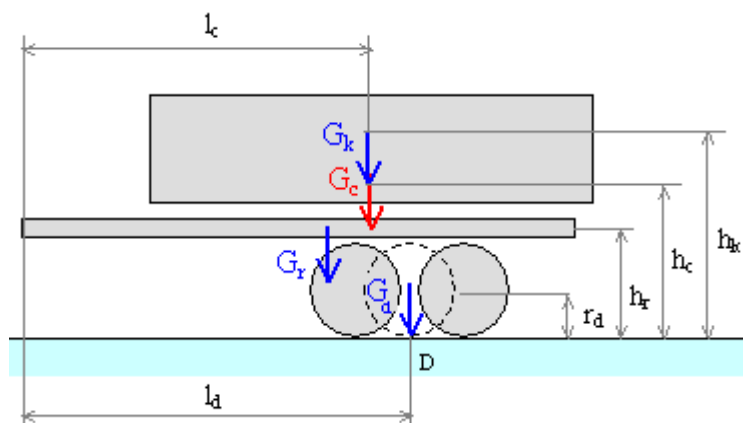
2.5 Zátěžové stavy

Pro účel pevnostních výpočtů je třeba určit zatížení přívěsu při typických provozních stavech, kterými jsou stání, přímá jízda a sklápění. Při rozboru jízdních vlastností je možné považovat celé vozidlo za jediné těleso: není nutné řešit vnitřní síly mezi korbou a podvozkem.^[37] U vzduchového odpružení jsou obě tandemové nápravy zatěžovány rovnoměrně, budou tedy řešeny jako společná dvojnáprava. Ve všech provozních stavech bude posuzován přívěs s maximálním možným nákladem, rozloženým symetricky.

Ve dvou níže zmiňovaných zatěžujících stavů, tj. sklápění dozadu a sklápění do boku je výrobcem přívěsu stanoven maximální úhel náklonu karoserie bez odsypu materiálu. Při překročení maximálního úhlu zdvihu karoserie bez odsypu, hrozí riziko ztráty stability a převrácení přívěsu. V diplomové práci jsem zvolil maximální úhel zdvihu karoserie 15°.

2.6 Určení polohy těžiště přívěsu

Protože některé síly působí v těžišti přívěsu, je nejprve nutné určit jeho polohu na základě polohy těžišť jednotlivých těles. Soustavu přívěsu tvoří tři tělesa: korba, podvozkový rám s příslušenstvím, dvojnáprava s příslušenstvím. V těžišti celého přívěsu působí tíha G_c , v těžišti dílčích těles působí tíhové síly G_k , G_r , G_d .



Obr. 30 Určování těžiště přívěsu

Při výpočtu polohy těžiště se uplatní následující hmotnosti:

m_k hmotnost plně naložené korby (byla vypočtena: 15243 kg)

m_c celková povolená hmotnost přívěsu (byla zadána: 18000 kg)

m_r hmotnost podvozkového rámu s příslušenstvím

m_d hmotnost dvojnápravy s příslušenstvím

Hmotnost dvojnápravy s příslušenstvím je dána součtem hmotnosti zvolených náprav s pérováním a brzdami, hmotnosti kol a hmotnosti pneumatik:

$$m_d = 2 \cdot 405 + 4 \cdot (55 + 91) = 810 + 584 = 1394 \text{ [kg]}$$

Hmotnost podvozkového rámu s příslušenstvím bude:

$$m_r = m_c - (m_k + m_d) = 18000 - (15243 + 1394) = 1363 \text{ [kg]}$$

Pro potřeby dalších výpočtů byly zavedeny následující vzdálenosti (viz Obr. 30):

l_c podélná vzdálenost těžiště celého přívěsu od předního konce přívěsu

l_d podélná vzdálenost středu dvojnápravy od předního konce přívěsu

h_k výška těžiště korby nad zemí

h_c výška těžiště celého přívěsu nad zemí

h_r výška těžiště podvozkového rámu nad zemí (byla odhadnuta z výkresu: 0,98 m)

r_d dynamický poloměr pneumatiky (má hodnotu 0,456 m)

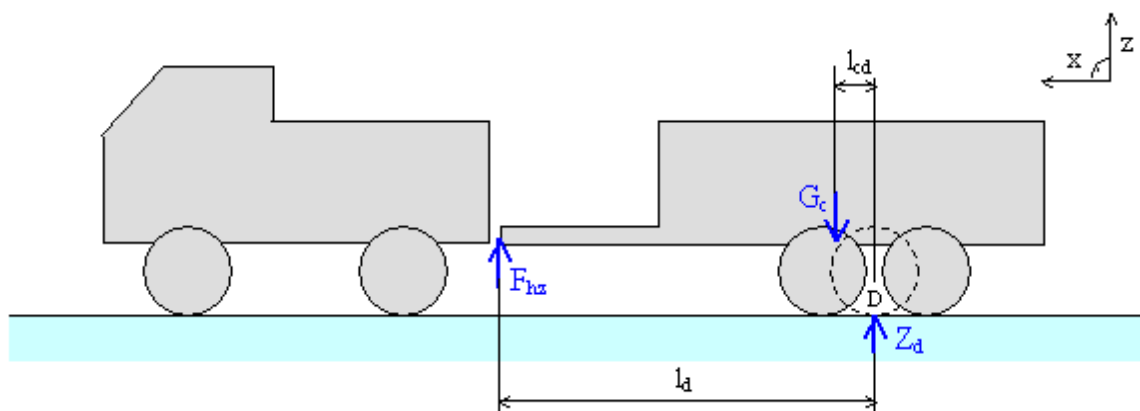
Lze předpokládat, že ve vodorovném směru leží těžiště přívěsu zhruba uprostřed korby. Použitím údajů z tabulky 6 lze určit:

$$l_c = 7,1 - \frac{5}{2} = 4,6 [m] \quad l_d = 4,1 + \frac{1,31}{2} = 4,755 [m] \quad h_k = 1,45 + \frac{1}{2} = 1,95 [m]$$

Výška těžiště celého přívěsu bude:

$$h_c = \frac{m_k \cdot h_k + m_d \cdot r_d + m_r \cdot h_r}{m_c} = \frac{15243 \cdot 1,95 + 1394 \cdot 0,456 + 1363 \cdot 0,98}{18000} = 1,76 [m]$$

2.7 Stání přívěsu



Obr. 31 Stání přívěsové soupravy

Na stojící přívěs připojený k tahači nepůsobí ve vodorovném směru žádné síly. Ve svislém směru v těžišti přívěsu působí tíha přívěsu G_c , na oko oje působí svislá síla F_{hz} , na styku kol s vozovkou působí radiální reakce vozovky, souhrnně vyjádřená pro celou dvojnápravu Z_d .

Tíha přívěsu při maximálním zatížení se určí z jeho celkové povolené hmotnosti takto:

$$G_c = m_c \cdot g = 18000 \cdot 9,81 = 176580 [N]$$

Podélná vzdálenost těžiště přívěsu od středu dvojnápravy bude:

$$l_{cd} = l_d - l_c = 4,755 - 4,6 = 0,155 [m]$$

Podmínky rovnováhy sil a momentů pro přívěs budou:

$$\sum F_z : F_{hz} + Z_d - G_c = 0 \quad (2)$$

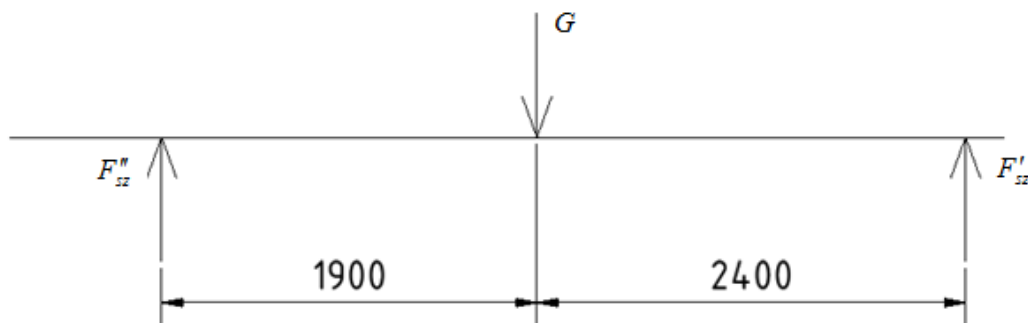
$$\sum M_D : F_{hz} \cdot l_d - G_c \cdot l_{cd} = 0 \quad (3)$$

$$\text{Z rovnice 2 plyne: } Z_d = G_c - F_{hz} = 176580 - 5756 = \underline{170824} [N]$$

$$\text{Z rovnice 3 plyne: } F_{hz} = G_c \cdot \frac{l_{cd}}{l_d} = 176580 \cdot \frac{0,155}{4,755} = \underline{5756} [N]$$

Svislé statické zatížení oka oje činí zhruba 3,3 % povolené hmotnosti přívěsu. Zatěžovací hmotnost na oku oje bude $m_h = F_{hz} : g = 587 [kg]$, což je méně než max. povolených 1000 [kg].

Výpočet zatížení na ložiska



Obr. 32 Schéma sil

$$\sum M_{F'_{sz}}$$

$$-G \cdot 1900 + F'_{sz} \cdot 4300 = 0 \Rightarrow F'_{sz} = \frac{G \cdot 1900}{4300} = \frac{149534 \cdot 1900}{4300} = 66073,2 N$$

Zatěžující síla pro jedno přední ložisko

$$F'_{sz1} = \frac{F'_{sz}}{4} = \frac{66073,2}{4} = 16518,3 N$$

$$\sum M_{F'_{sz}}$$

$$G \cdot 2400 - F''_{sz} \cdot 4300 = 0 \Rightarrow F''_{sz} = \frac{G \cdot 2400}{4300} = \frac{149534 \cdot 2400}{4300} = 83460,8 N$$

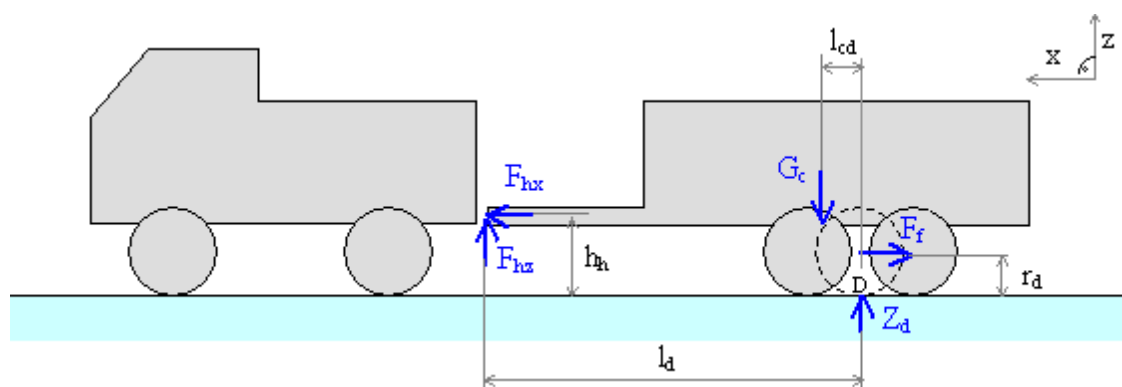
Zatěžující síla pro jedno kontaktní místo na zadní příčce

$$F''_{sz1} = \frac{F''_{sz}}{4} = \frac{83460,8}{4} = 20865,2 N$$

F'_{sz}svislá složka síly působící na přední ložisko [N]

F''_{sz}svislá složka síly působící na zadní ložisko [N]

2.8 Přímá jízda přívěsu



Obr. 33 Přímá jízda přívěsové soupravy

Je-li přívěs tažen konstantní rychlostí přímým směrem po rovině, působí na něj podobné svislé síly jako během stání. Ve vodorovném směru působí na oko oje síla F_{hx} , v čepu kola dvojnápravy působí valivý odpor F_f .^[37] Odpor vzduchu lze zanedbat, protože maximální přípustná rychlost tohoto přívěsu je nízká. Z tabulky 6 vyplývá, že výška oka oje $h_h = 0,83 [m]$. Dynamický poloměr pneumatiky $r_d = 0,456 [m]$.

Součinitel valivého odporu pro suchou asfaltovou vozovku má hodnotu $f = 0,02 [-]$. Valivý odpor celého vozidla je součtem valivých odporů na jednotlivých kolech nebo nápravách:^[37]

$$F_f = f \cdot \sum_i Z_i = f \cdot Z_d = 0,02 \cdot Z_d \quad (4)$$

Podmínky rovnováhy sil a momentů pro přívěs jsou následující:

$$\Sigma F_z : F_{hz} + Z_d - G_c = 0 \quad (5)$$

$$\Sigma F_x : F_{hx} - F_f = 0 \quad (6)$$

$$\Sigma M_D : F_{hz} \cdot l_d - G_c \cdot l_{cd} + F_f \cdot r_d - F_{hx} \cdot h_h = 0 \quad (7)$$

Po dosazení vznikne soustava rovnic:

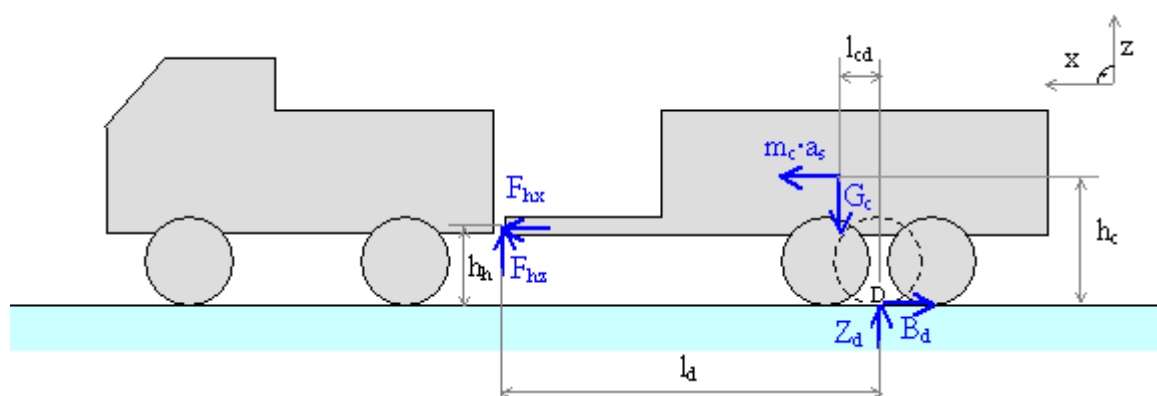
$$\Sigma F_z : F_{hz} + Z_d - 176580 = 0$$

$$\Sigma F_x : F_{hx} - 0,02 \cdot Z_d = 0$$

$$\Sigma M_D : F_{hz} \cdot 4,755 - 176580 \cdot 0,155 + 0,02 \cdot Z_d \cdot 0,456 - F_{hx} \cdot 0,83 = 0$$

Tato soustava rovnic má řešení: $Z_d = 170556$ [N]; $F_{hx} = 3411$ [N]; $F_{hz} = 6024$ [N].

2.9 Brzdění přívěsu



Obr. 34 Brzdění přívěsové soupravy

Při změně rychlosti vozidla vzniká setrvačný odpor, který při brzdění působí ve směru jízdy. Umístíme ho do těžiště vozidla. Vliv setrvačnosti rotujících hmotností lze zanedbat. Střední hodnotu brzdného zpomalení při provozním brzdění určuje předpis EHK č.13. Pro nákladní automobil o hmotnosti nad 12 tun platí $a_s = 4,4$ [m/s²].
^[37] Při brzdění vzniká brzdná síla, která působí proti pohybu vozidla. Pokud vozidlo brzdí všemi koly a součinitel adheze je u všech kol stejný, závisí celková brzdná síla na

radiální reakci Z_d a na součiniteli adheze φ . Pro suchou asfaltovou vozovku platí $\varphi = 0,8$ [-].^[37]

$$B_d = Z_d \cdot \varphi = Z_d \cdot 0,8 \quad (8)$$

Podmínky rovnováhy sil a momentů pro přívěs jsou následující:

$$\Sigma F_z : F_{hz} + Z_d - G_c = 0 \quad (9)$$

$$\Sigma F_x : m_c \cdot a_s - B_d + F_{hx} = 0 \quad (10)$$

$$\Sigma M_D : F_{hz} \cdot l_d - G_c \cdot l_{cd} - m_c \cdot a_s \cdot h_c - F_{hx} \cdot h_h = 0 \quad (11)$$

Po dosazení vznikne soustava rovnic:

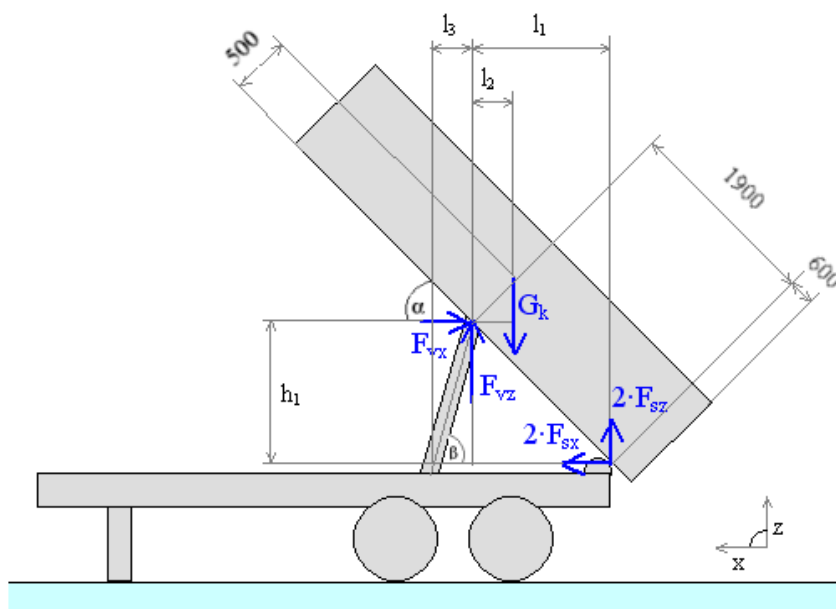
$$\Sigma F_z : F_{hz} + Z_d - 176580 = 0$$

$$\Sigma F_x : 18000 \cdot 4,4 - 0,8 \cdot Z_d + F_{hx} = 0$$

$$\Sigma M_D : F_{hz} \cdot 4,755 - 176580 \cdot 0,155 - 18000 \cdot 4,4 \cdot 1,76 - F_{hx} \cdot 0,83 = 0$$

Tato soustava rovnic má řešení: $Z_d = \underline{136300} \text{ [N]}$; $F_{hx} = \underline{29840} \text{ [N]}$; $F_{hz} = \underline{40280} \text{ [N]}$.

2.10 Sklápění přívěsu dozadu



Obr. 35 Sklápění přívěsu dozadu

Při sklápění stojí přívěs na místě a zadní čelo je uzavřeno. Rotační vazba realizovaná čepem uloženým v ložisku představuje dvě neznámé složky reakcí. ^[38] Obě sklápěcí ložiska jsou stejně daleko od roviny pohybu teleskopického válce a budou zatížena stejně. Také posuvná vazba realizovaná přímočarým vedením tělesa představuje dvě neznámé složky reakcí. ^[38] Zdvihová síla teleskopického hydromotoru působí ve směru vysouvání pístů (pod úhlem β).

Podmínky rovnováhy sil a momentů při sklápění přívěsu jsou následující:

$$\sum F_x : 2 \cdot F_{sx} - F_{vx} = 0 \quad (12)$$

$$\sum F_z : 2 \cdot F_{sz} + F_{vz} - G_k = 0 \quad (13)$$

$$\sum M_S : F_{vx} \cdot h_1 - G_k \cdot (l_1 - l_2) + F_{vz} \cdot l_1 = 0 \quad (14)$$

F_{sx}podélná složka síly působící na sklápěcí ložiska [N]

F_{sz} svislá složka síly působící na sklápěcí ložiska [N]

Počáteční fáze sklápění: úhel $\alpha = 1^\circ$. Výpočet potřebných rozměrů:

$$l_1 = 1,9 \cdot \cos \alpha = 1,9 \cdot 0,99985 = 1,89972 [m]$$

$$h_1 = 1,9 \cdot \sin \alpha = 1,9 \cdot 0,01745 = 0,03316 [m]$$

$$l_2 = 0,5 \cdot \sin \alpha = 0,5 \cdot 0,01745 = 0,00873 [m]$$

$$l_3 = 1,9 - l_1 = 1,9 - 1,89972 = 0,00028 [m]$$

$$\beta = \arctg \frac{h_1}{l_3} = \arctg \frac{0,03316}{0,00028} = 1,56235 [rad] = 89,51^\circ$$

Vodorovná a svislá složka síly působící na konci teleskopického válce:

$$F_{vx} = F_v \cdot \cos \beta \quad F_{vz} = F_v \cdot \sin \beta$$

Tíhová síla vyvolaná hmotností plně naložené korby:

$$G_k = m_k \cdot g = 15243 \cdot 9,81 = 149534 [N]$$

Dosazení do rovnic pro rovnováhu sil a momentů:

$$\sum F_x: \quad 2 \cdot F_{sx} - F_v \cdot \cos \beta = 0 \Rightarrow F_{sx} = \frac{F_v \cdot \cos \beta}{2} = \frac{148830 \cdot \cos 89,5^\circ}{2} = 649,4 N$$

$$\sum F_z: \quad 2 \cdot F_{sz} + F_v \cdot \sin \beta - G_k = 0 \Rightarrow F_{sz} = \frac{G_k - F_v \cdot \sin \beta}{2} = \frac{149534 - 148830 \cdot \sin 89,5^\circ}{2} =$$

$$F_{sz} = 354,8 N$$

$$\sum M_s: \quad F_v \cdot \cos \beta \cdot h_1 - G_k \cdot (l_1 - l_2) + F_v \cdot \sin \beta \cdot l_1 = 0$$

$$F_v \cdot (\cos \beta \cdot h_1 + \sin \beta \cdot l_1) = G_k \cdot (l_1 - l_2)$$

$$F_v = \frac{G_k \cdot (l_1 - l_2)}{\cos \beta \cdot h_1 + \sin \beta \cdot l_1} = \frac{149534 \cdot (1,8997 - 0,0087)}{\cos 89,5^\circ \cdot 0,0332 + \sin 89,5^\circ \cdot 1,8997} = 148830 N$$

Konečná fáze sklápění: úhel $\alpha = 15^\circ$. Výpočet potřebných rozměrů:

$$l_1 = 1,9 \cdot \cos \alpha = 1,9 \cdot 0,9659 = 1,835 [m]$$

$$h_1 = 1,9 \cdot \sin \alpha = 1,9 \cdot 0,2588 = 0,4918 [m]$$

$$l_2 = 0,5 \cdot \sin \alpha = 0,5 \cdot 0,2588 = 0,1294 [m]$$

$$l_3 = 1,9 - l_1 = 1,9 - 1,835 = 0,0647 [m]$$

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{h_1}{l_3} = \operatorname{arctg} \frac{0,4918}{0,0647} = 1,440 [rad] = 82,5^\circ$$

Dosazení do rovnic pro rovnováhu sil a momentů:

$$\sum F_x: \quad 2 \cdot F_{sx} - F_v \cdot \cos \beta = 0 \Rightarrow F_{sx} = \frac{F_v \cdot \cos \beta}{2} = \frac{135410,6 \cdot \cos 82,5^\circ}{2} = 8837,3 N$$

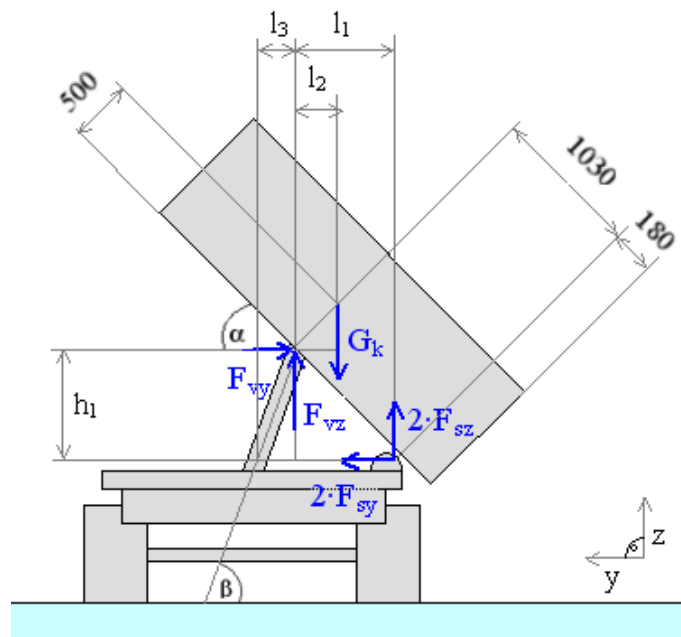
$$\sum F_z: \quad 2 \cdot F_{sz} + F_v \cdot \sin \beta - G_k = 0 \Rightarrow F_{sz} = \frac{G_k - F_v \cdot \sin \beta}{2} = \frac{149534 - 135410,6 \cdot \sin 82,5^\circ}{2} =$$

$$F_{sz} = 7640 N$$

$$\begin{aligned}
\sum M_s : \quad & F_v \cdot \cos \beta \cdot h_1 - G_k \cdot (l_1 - l_2) + F_v \cdot \sin \beta \cdot l_1 = 0 \\
& F_v \cdot (\cos \beta \cdot h_1 + \sin \beta \cdot l_1) = G_k \cdot (l_1 - l_2) \\
& F_v = \frac{G_k \cdot (l_1 - l_2)}{\cos \beta \cdot h_1 + \sin \beta \cdot l_1} = \frac{149534 \cdot (1,835 - 0,1294)}{\cos 82,5^\circ \cdot 0,4918 + \sin 82,5^\circ \cdot 1,835} = 135410,6 \text{ N}
\end{aligned}$$

Tato soustava rovnic má řešení: $F_v = 135410,6 \text{ [N]}$; $F_{sx} = 8837,3 \text{ [N]}$; $F_{sz} = 7640 \text{ [N]}$.

2.11 Sklápění přívěsu do boku



Obr. 36 Sklápění přívěsu do boku

Při sklápění stojí přívěs na místě a bočnice jsou uzavřeny. Výpočet je podobný případu zadního sklápění, ale sklápěcí ložiska nejsou zatížena rovnoměrně. Od roviny pohybu teleskopického válce je přední sklápěcí ložisko vzdáleno 2400 mm, zadní ložisko je vzdáleno 1900 mm (viz obrázek 26). Zatížení ložisek bude nepřímě úměrné poměru těchto vzdáleností. Na přední ložisko bude působit 88% vypočtené síly, na zadní ložisko 112% vypočtené síly.

Podmínky rovnováhy sil a momentů při sklápění přívěsu jsou následující:

$$\sum F_y : \quad F'_{sy} + F''_{sy} - F_{vy} = 0 \quad (15)$$

$$\sum F_z : \quad F'_{sz} + F''_{sz} + F_{vz} - G_k = 0 \quad (16)$$

$$\sum M_s : F_{vy} \cdot h_1 - G_k \cdot (l_1 - l_2) + F_{vz} \cdot l_1 = 0 \quad (17)$$

F'_{sy}příčná složka síly působící na přední ložisko [N]

F''_{sy}příčná složka síly působící na zadní ložisko [N]

Počáteční fáze sklápění: úhel $\alpha = 1^\circ$. Výpočet potřebných rozměrů:

$$l_1 = 1,03 \cdot \cos \alpha = 1,03 \cdot 0,99985 = 1,02985 [m]$$

$$h_1 = 1,03 \cdot \sin \alpha = 1,03 \cdot 0,01745 = 0,01797 [m]$$

$$l_2 = 0,5 \cdot \sin \alpha = 0,5 \cdot 0,01745 = 0,00873 [m]$$

$$l_3 = 1,03 - l_1 = 1,03 - 1,02985 = 0,00015 [m]$$

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{h_1}{l_3} = \operatorname{arctg} \frac{0,01797}{0,00015} = 1,562 [rad] = 89,50^\circ$$

Dosazení do rovnic pro rovnováhu sil a momentů:

$$\sum F_y : F'_{sy} + F''_{sy} - F_v \cdot \cos \beta = 0$$

$$\sum F_z : F'_{sz} + F''_{sz} + F_v \cdot \sin \beta - G_k = 0$$

$$\sum M_s : F_v \cdot \cos \beta \cdot h_1 - G_k \cdot (l_1 - l_2) + F_v \cdot \sin \beta \cdot l_1 = 0$$

$$F_v \cdot (\cos \beta \cdot h_1 + \sin \beta \cdot l_1) = G_k \cdot (l_1 - l_2)$$

$$F_v = \frac{G_k \cdot (l_1 - l_2)}{\cos \beta \cdot h_1 + \sin \beta \cdot l_1} = \frac{149534 \cdot (1,02985 - 0,00873)}{\cos 89,5^\circ \cdot 0,01797 + \sin 89,5^\circ \cdot 1,02985} = 148250 N$$

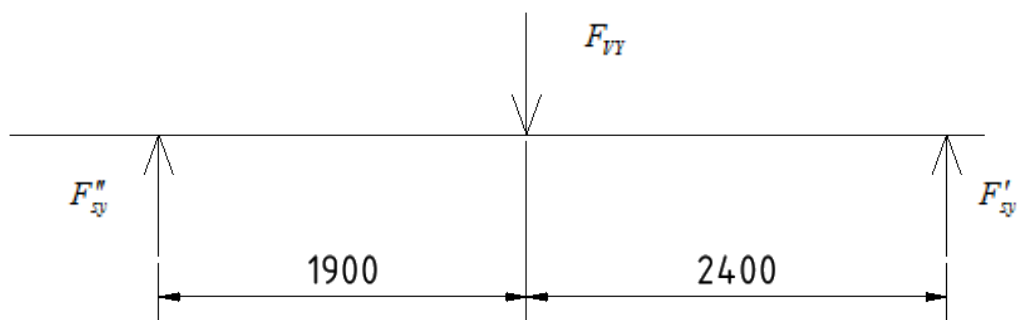
Výpočet příčných sil působících na ložiska (přední, zadní)

$$\sum M_{F''_{sy}} = 0 \Rightarrow -F_v \cdot \cos \beta \cdot 1900 + F'_{sy} \cdot (1900 + 2400) = 0$$

$$F'_{sy} = \frac{F_v \cdot \cos \beta \cdot 1900}{(1900 + 2400)} = \frac{148250 \cdot \cos 89,5^\circ \cdot 1900}{4300} = 571,6 N$$

$$\sum M_{F'_{sy}} = 0 \Rightarrow F_v \cdot \cos \beta \cdot 2400 - F''_{sy} \cdot (1900 + 2400) = 0$$

$$F''_{sy} = \frac{F_v \cdot \cos \beta \cdot 2400}{(1900 + 2400)} = \frac{148250 \cdot \cos 89,5^\circ \cdot 2400}{4300} = 722 N$$



Obr. 37 Schéma příčných působících sil

Výpočet svislých sil působících na ložiska (přední, zadní)

$$\sum M_{F_{sz}''} = 0 \Rightarrow F_v \cdot \sin \beta \cdot 1900 - G_k \cdot 1900 + F'_{sz} \cdot (1900 + 2400) = 0$$

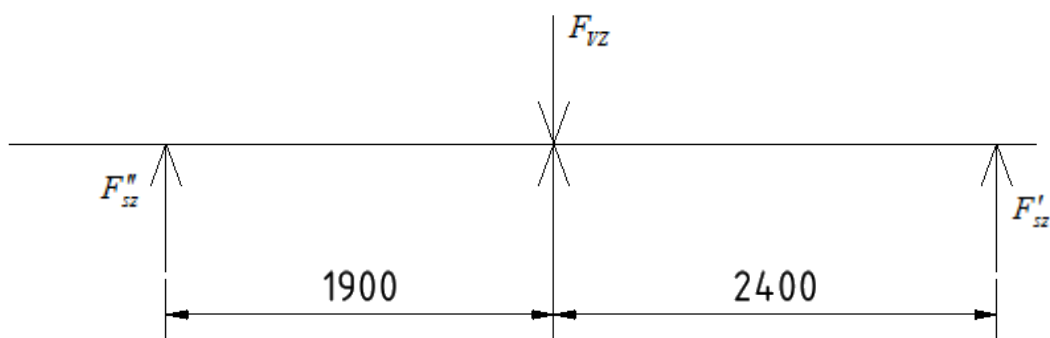
$$F'_{sz} = \frac{G_k \cdot 1900 - F_v \cdot \sin \beta \cdot 1900}{(1900 + 2400)} = \frac{149534 \cdot 1900 - 148250 \cdot \sin 89,5^\circ \cdot 1900}{4300}$$

$$F'_{sz} = 569,8 N$$

$$\sum M_{F_{sz}'} = 0 \Rightarrow -F_v \cdot \sin \beta \cdot 2400 + G_k \cdot 2400 - F''_{sz} \cdot (1900 + 2400) = 0$$

$$F''_{sz} = \frac{G_k \cdot 2400 - F_v \cdot \sin \beta \cdot 2400}{(1900 + 2400)} = \frac{149534 \cdot 2400 - 148250 \cdot \sin 89,5^\circ \cdot 2400}{4300}$$

$$F''_{sz} = 720 N$$



Obr. 38 Schéma svislých působících sil

Konečná fáze sklápění: úhel $\alpha = 15^\circ$. Výpočet potřebných rozměrů:

$$l_1 = 1,03 \cdot \cos \alpha = 1,03 \cdot 0,9659 = 0,995 [m]$$

$$h_1 = 1,03 \cdot \sin \alpha = 1,03 \cdot 0,2588 = 0,267 [m]$$

$$l_2 = 0,5 \cdot \sin \alpha = 0,5 \cdot 0,2588 = 0,1294 [m]$$

$$l_3 = 1,03 - l_1 = 1,03 - 0,995 = 0,035 [m]$$

$$\beta = \arctg \frac{h_1}{l_3} = \arctg \frac{0,267}{0,035} = 1,44 [\text{rad}] = 82,50^\circ$$

Dosažení do rovnic pro rovnováhu sil a momentů:

$$\sum F_y : F'_{sy} + F''_{sy} - F_v \cdot \cos \beta = 0$$

$$\sum F_z : F'_{sz} + F''_{sz} + F_v \cdot \sin \beta - G_k = 0$$

$$\sum M_s : F_v \cdot \cos \beta \cdot h_1 - G_k \cdot (l_1 - l_2) + F_v \cdot \sin \beta \cdot l_1 = 0$$

$$F_v \cdot (\cos \beta \cdot h_1 + \sin \beta \cdot l_1) = G_k \cdot (l_1 - l_2)$$

$$F_v = \frac{G_k \cdot (l_1 - l_2)}{\cos \beta \cdot h_1 + \sin \beta \cdot l_1} = \frac{149534 \cdot (0,995 - 0,1294)}{\cos 82,5^\circ \cdot 0,26 + \sin 82,5^\circ \cdot 0,995} = 126735 N$$

Výpočet příčných sil působících na ložiska (přední, zadní)

$$\sum M_{F''_{sy}} = 0 \Rightarrow -F_v \cdot \cos \beta \cdot 1900 + F'_{sy} \cdot (1900 + 2400) = 0$$

$$F'_{sy} = \frac{F_v \cdot \cos \beta \cdot 1900}{(1900 + 2400)} = \frac{126735 \cdot \cos 82,5^\circ \cdot 1900}{4300} = 7309,4 N$$

$$\sum M_{F'_{sy}} = 0 \Rightarrow F_v \cdot \cos \beta \cdot 2400 - F''_{sy} \cdot (1900 + 2400) = 0$$

$$F''_{sy} = \frac{F_v \cdot \cos \beta \cdot 2400}{(1900 + 2400)} = \frac{126735 \cdot \cos 82,5^\circ \cdot 2400}{4300} = 9232,9 N$$

Výpočet svislých sil působících na ložiska (přední, zadní)

$$\sum M_{F''_{sz}} = 0 \Rightarrow F_v \cdot \sin \beta \cdot 1900 - G_k \cdot 1900 + F'_{sz} \cdot (1900 + 2400) = 0$$

$$F'_{sz} = \frac{G_k \cdot 1900 - F_v \cdot \sin \beta \cdot 1900}{(1900 + 2400)} = \frac{149534 \cdot 1900 - 126735 \cdot \sin 82,5^\circ \cdot 1900}{4300}$$

$$F'_{sz} = 10553 N$$

$$\sum M_{F'_{sz}} = 0 \Rightarrow -F_v \cdot \sin \beta \cdot 2400 + G_k \cdot 2400 - F''_{sz} \cdot (1900 + 2400) = 0$$

$$F''_{sz} = \frac{G_k \cdot 2400 - F_v \cdot \sin \beta \cdot 2400}{(1900 + 2400)} = \frac{149534 \cdot 2400 - 126735 \cdot \sin 82,5^\circ \cdot 2400}{4300}$$

$$F''_{sz} = 13330 N$$

3 Shrnutí výsledků

Tab. 8 Zatížení na oku tažné oje

	stání	přímá jízda	brzdění
svislá složka F_{hz}	5756 [N]	6024 [N]	40280 [N]
podélná složka F_{hx}	-	3411 [N]	29840 [N]

Tab. 9 Zatížení zadního sklápěcího ložiska

	sklápění dozadu			sklápění do boku		
	označ.	Začátek (1°)	Konec (15°)	označ.	Začátek (1°)	Konec (15°)
svislá složka	F_{sz}	354,8 [N]	7640 [N]	F''_{sz}	720 [N]	13330 [N]
podélná složka	F_{sx}	649,8 [N]	8837,4 [N]	-	-	-
příčná složka	-	-	-	F''_{sy}	722 [N]	9232,9 [N]

Tab. 10 Zatížení předního sklápěcího ložiska

	sklápění do boku	
	Začátek (1°)	Konec (15°)
svislá složka F'_{sz}	569,8 [N]	10553 [N]
příčná složka F'_{sy}	571,6 [N]	7309,4 [N]

Tab. 11 Zatížení teleskopického válce

	sklápění dozadu		sklápění do boku	
	Začátek (1°)	Konec (15°)	Začátek (1°)	Konec (15°)
svislá složka F_{vz}	148824,5 [N]	134254 [N]	148244,4 [N]	125651,3 [N]
podélná složka F_{vx}	1298,8 [N]	17674,9 [N]	-	-
příčná složka F_{vy}	-	-	1293,7 [N]	16542,3 [N]
celková síla F_v	148830 [N]	135412 [N]	148250 [N]	126735 [N]

3.1 Pevnostní výpočet

Předmětem pevnostní kontroly je rám dvounápravového tandemového sklápěcího přívěsu. Jde o statickou kontrolu rámu při stanovených provozních zatěžujících stavech.

Pevnostní kontrola byla provedena v programu ANSYS

3.1.1 Výpočet mezního stavu materiálu

Pro konstrukci rám jsem zvolil materiál S355J0

Mez kluz pro $t \leq 16mm$

$$R_e = 355MPa$$

poissonovo číslo

$$\mu = 0,3$$

youngův modul pružnosti v tahu

$$E = 2,06 \cdot 10^5 MPa$$

hustota

$$\rho = 7850kg \cdot m^{-3}$$

součinitel bezpečnosti

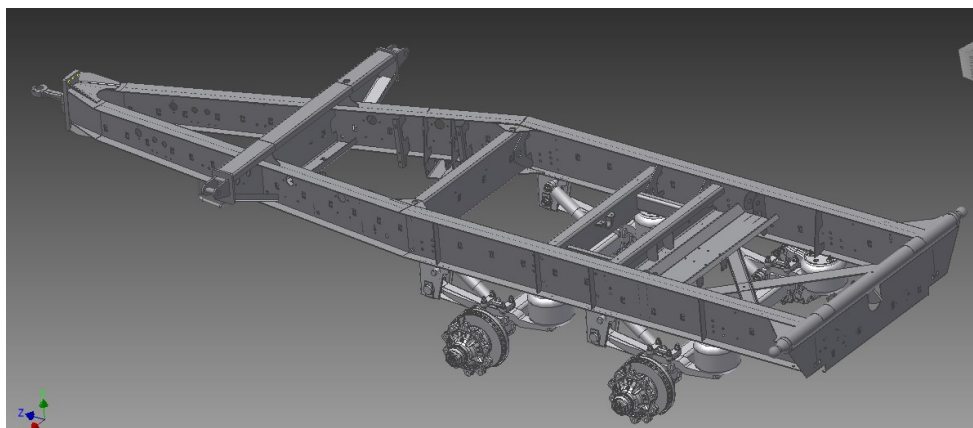
$$k_D = 1,5$$

Návrhová pevnost

$$f_D = \frac{f_{yd}}{k_D} = \frac{355}{1,5} = 236,6 MPa \quad (18)$$

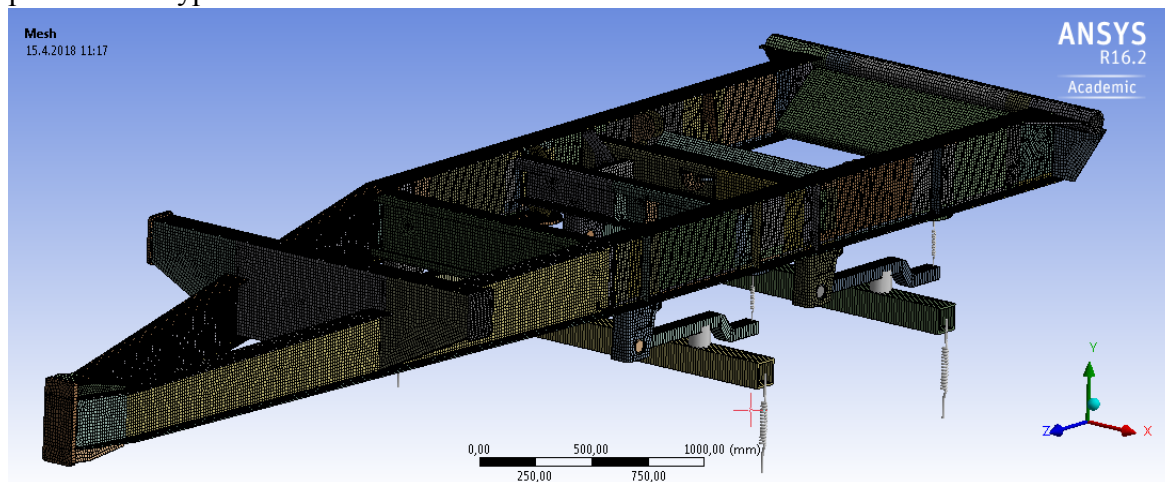
3.1.2 Výpočtový model

Pro MKP výpočet je nezbytné nejprve vytvořit geometrii. 3D geometrie rámu byla vytvořena v grafickém programu Inventor



Obr. 39 Celková sestava rámu

Pevnostní výpočet byl řešen metodou konečných prvků v programu Ansys. Celková sestava rámu byla z Inventoru ve formátu step naimportována do programu Ansys. Pomocí nástrojů mid-surface byly objemové tělesa SOLID, nahrazeny plošnými prvky SHELL. Další úpravy spočívaly v zaslepení otvorů, zjednodušení částí, které nebyly předmětem výpočtu.



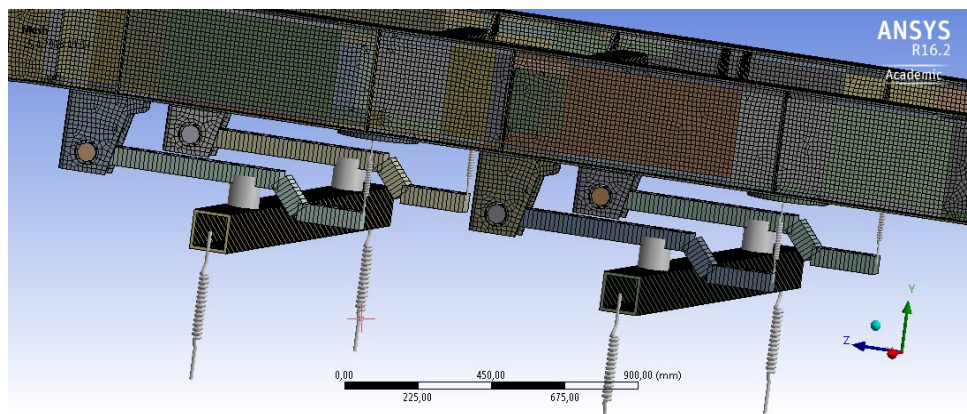
Obr. 40 Konečno prvkový výpočtový model rámu

3.1.3 Nahrazení náprav

Nápravy jsou zjednodušeny prvkem beam z důvodu, že se jedná o nakupovaný díl a nejsou předmětem výpočtu.

Z náprav jsou zachovány pouze konzoly, které byly převedeny na plošné prvky shell.

Ramena per jsou pomocí kloubové rotační vazby uchyceny v místě otvorů pro čepy. Touto vazbou je zajištěna rotace kolem vodorovné osy (osa X). Na druhém konci pera je vak nahrazen lineární pružinou o tuhosti N/mm. Ramena per jsou v příčném směru spojena dalším zjednodušeným prvkem beam, který nahrazuje nápravnici. Nahrazená nápravnice je umístěna ve vzdálenosti 500 mm od osy čepu a 380 mm od osy vaku. K jednotlivým použitým prvkům beam na nápravách jsou přiřazeny odpovídající průřezy profilů.



Obr. 41 Nahrazení náprav

Výpočet tuhosti lineární pružiny nahrazující vak

Nejprve určíme sílu působící na vak

$$F_{V0} = \frac{(Q - A) \cdot i}{2} \cdot g = \frac{(9000 - 720) \cdot 0,568}{2} \cdot 9,81 = 23068,41N \quad (19)$$

Viz příloha I

Z adiabatického děje určíme závislost síly na zdvihu

Výpočtové parametry:

Průměr akumulátoru (vaku)

$$d = 300mm$$

Předpokládané zatížení

$$F_{V0} = 23068,41N$$

Předpokládaný tlak v akumulátoru (vaku)

$$p_O = 0,54MPa$$

Objem akumulátoru (vaku)

$$V_O = 18,5l$$

Nárůst tlaku

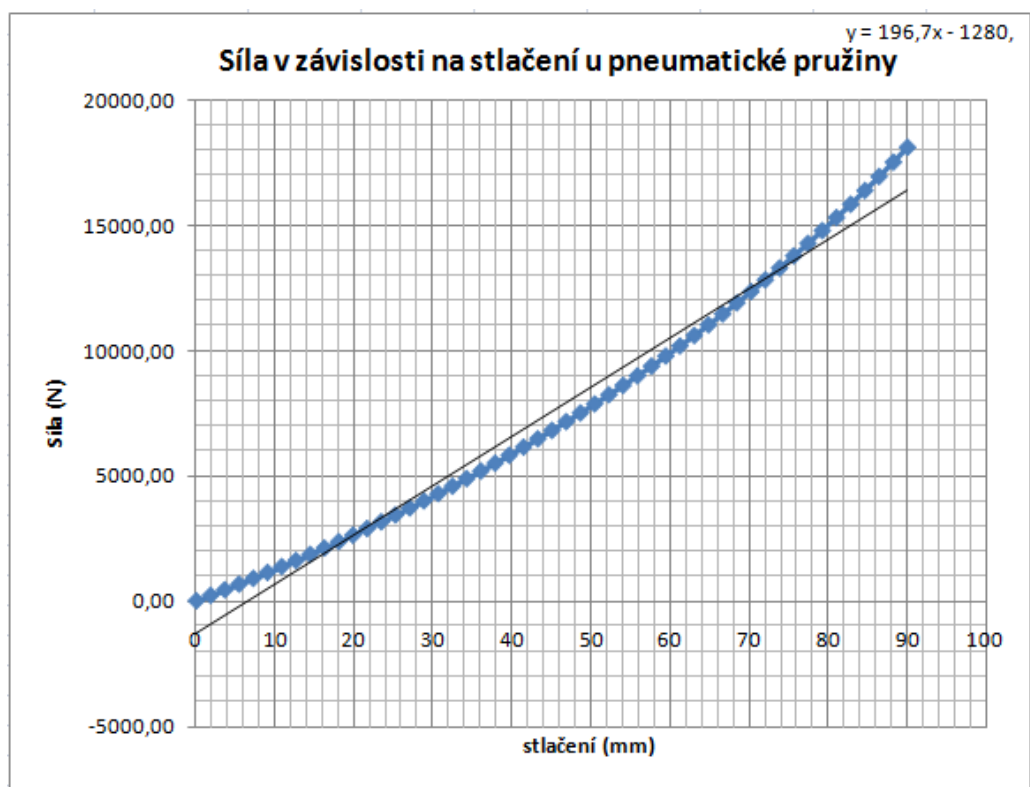
$$\Delta p = 0,00023MPa / kg$$

Exponent polytropy

$$\kappa = 1,4$$

Výpočtová rovnice

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^\kappa$$



Obr. 42 Síla v závislosti na stlačení akumulátoru (vaku)

Tuhost akumulátoru (vaku) je dle grafu $k = 196,7 \text{ N/mm}$

Ve výpočtovém modelu je nutné pružinám přidat předpětí odpovídajícímu provoznímu stavu, tj. $F_{v0} = 23068,41 \text{ N}$

Nahrazení pneumatiky lineární pružinou je vypočtena na základě rozdílu poloměrů při zatížení.

Pneumatika Barum 385/65 R22,5"

max. statické zatížení pneu $m_g = 5300 \text{ kg}$

poloměr nezatížené pneu $R = 481,5 \text{ mm}$

poloměr zatížené pneu $R_g = 456 \text{ mm}$

$$k_p = \frac{m_g \cdot g}{R - R_g} = \frac{5300 \cdot 9,81}{481,5 - 456} = 2038,94 \text{ N/mm} \quad (20)$$

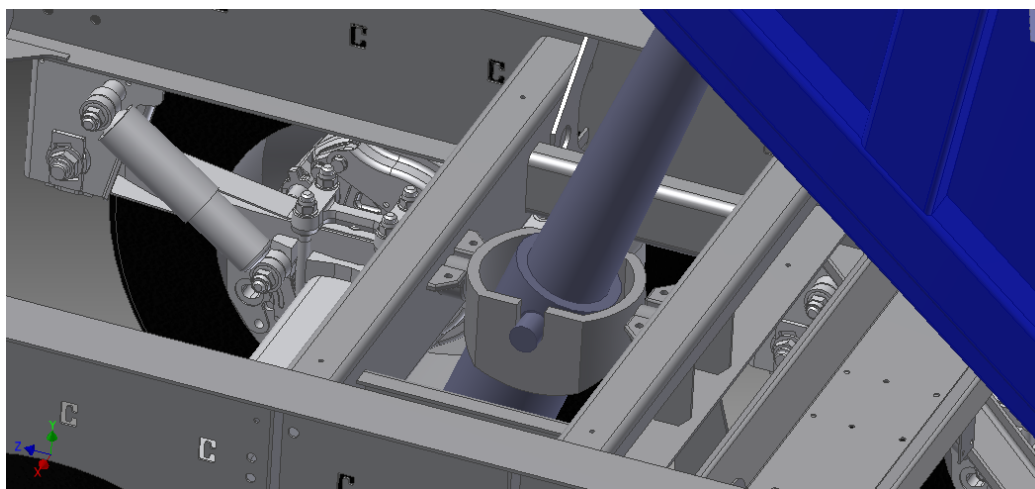
3.1.4 Nahrazení karoserie

Model karoserie je ve výpočtu nahrazen hmotností, která je přičtena k hmotnosti nákladu.

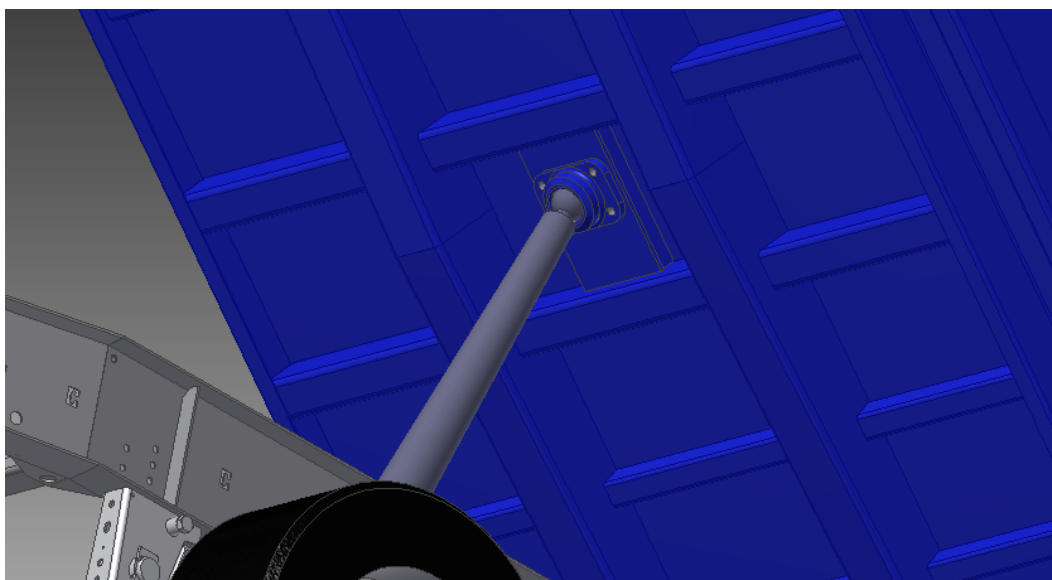
Tato náhrada je provedena z důvodu, že karoserie není předmětem výpočtu a z důvodu snížení počtu prvků a elementů.

Zatěžující síly jsou umístěny na kontaktních místech, přední a zadní nosné příčce jsou spočítány v kapitole 3.

Tyto kontaktní místa se liší v závislosti na zatěžujícím stavu.



Obr. 43 Uložení hydromotoru na rámu



Obr. 44 Uložení kloubu hydromotoru na karoserii

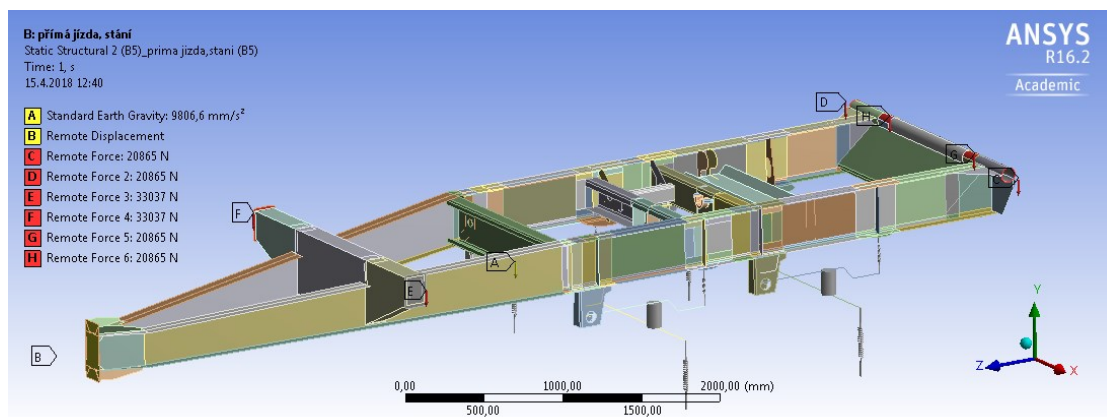
4 Výsledky jednotlivých zatěžujících stavů, přepravní poloha

4.1 Stání, přímá jízda

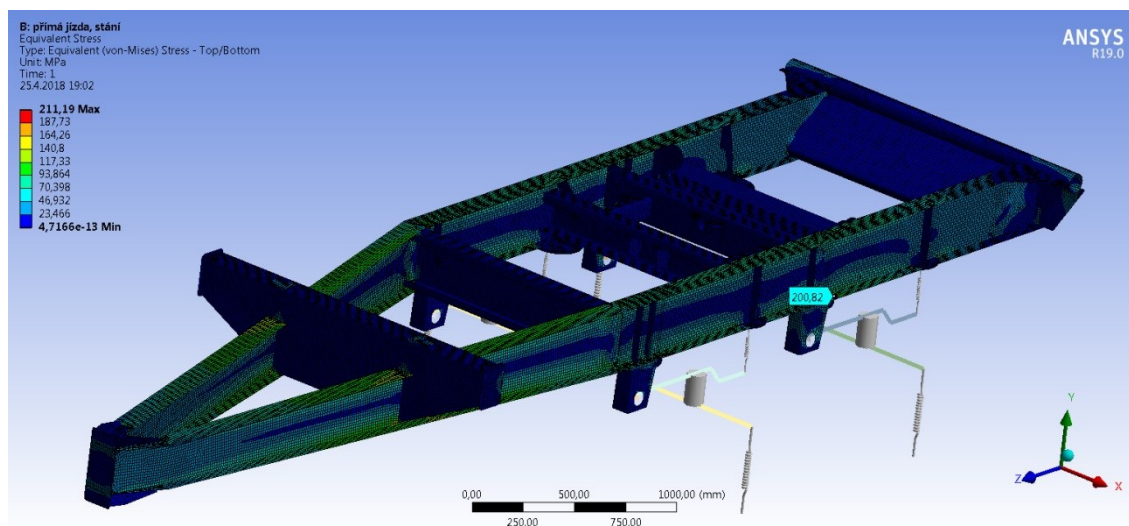
Popis včetně výpočtu působících sil na rám těchto dvou provozně zatěžujících stavů je popsáno v kapitole 2.7 a v kapitole 2.8.

Při tomto zatěžujícím stavu na rám působí síly, které vznikají od hmotnosti nákladu a hmotnosti karoserie vynásobené svislým gravitačním zrychlením g .

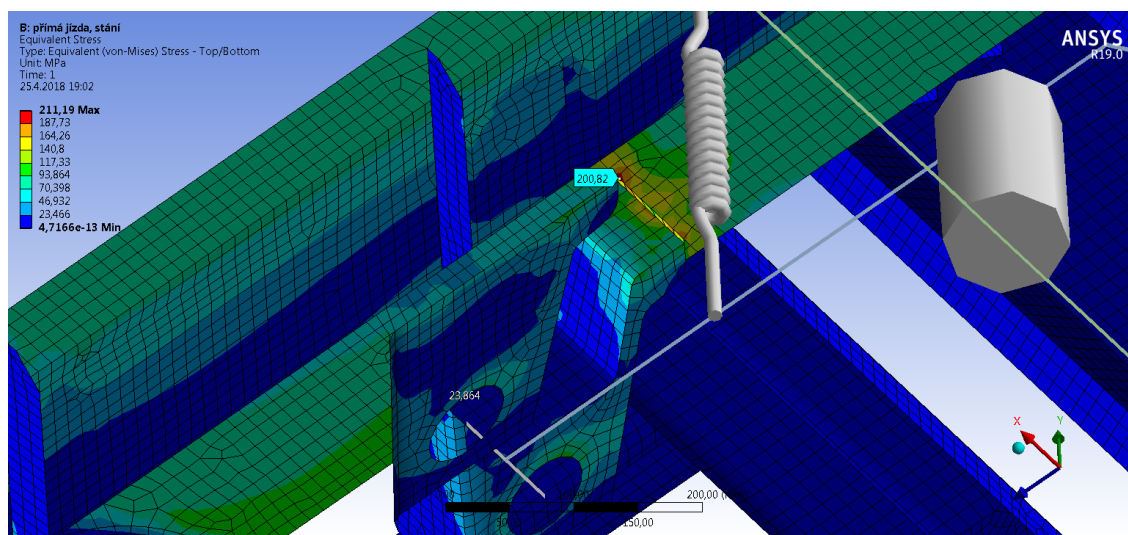
Tyto vzniklé silové účinky jsou přenášeny na dvě válcové plochy předních ložisek a dvě kulové plochy zadních ložisek včetně dvou válcových ploch zadní nosné příčky.



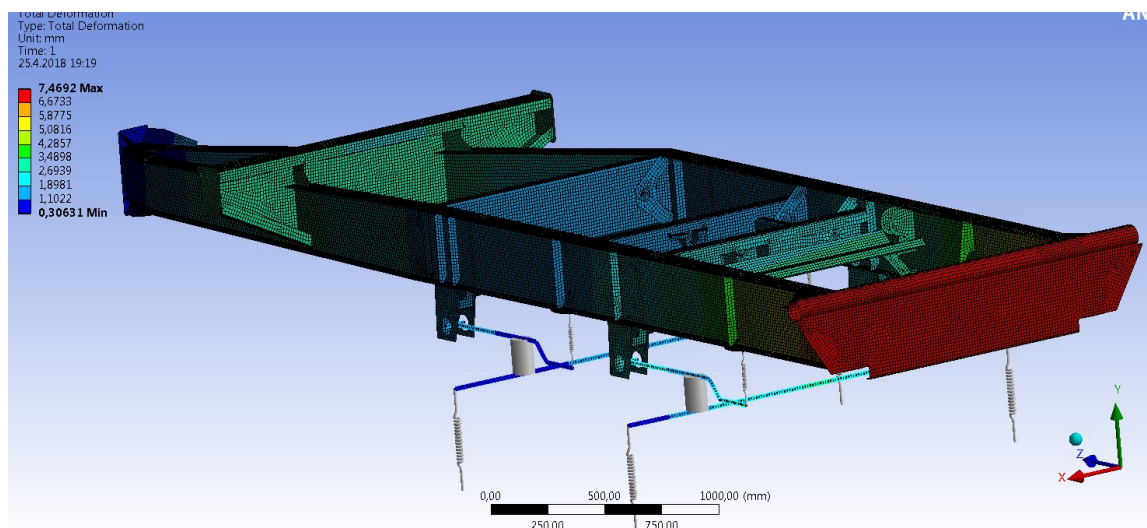
Obr. 45 Zatížení - stání, přímá jízda



Obr. 46 Výsledné napětí – stání, přímá jízda



Obr. 47 Detail místa max. napětí – stání, přímá jízda



Obr. 48 Posunutí - stání, přímá jízda

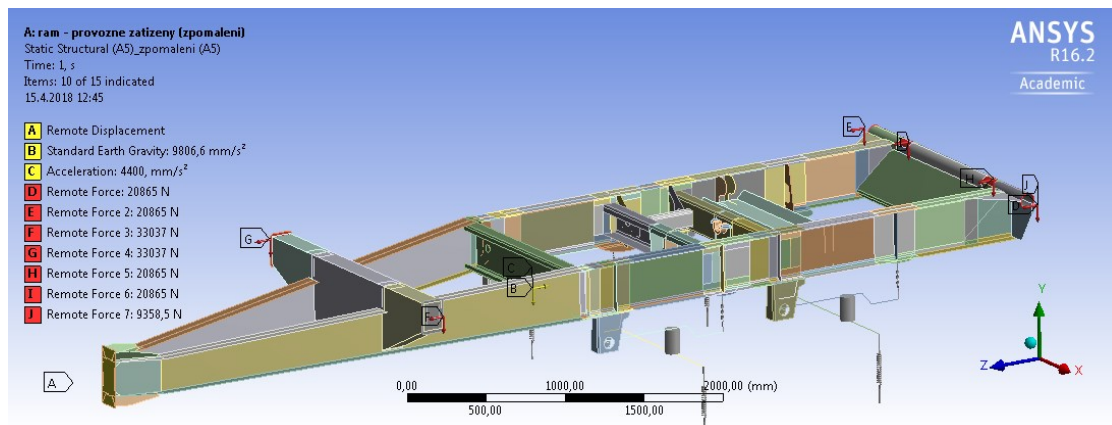
4.1.1 Zhodnocení výsledku – stání, přímá jízda

Nejvíce exponovaným místem je kolem konzol druhé nápravy. Výsledné napětí má hodnotu 211 MPa. Vypočtené napětí nepřesahuje návrhovou pevnost a rám vyhovuje provoznímu zatížení. Hodnota maximálního posunutí na konci rámu je 7,4 mm.

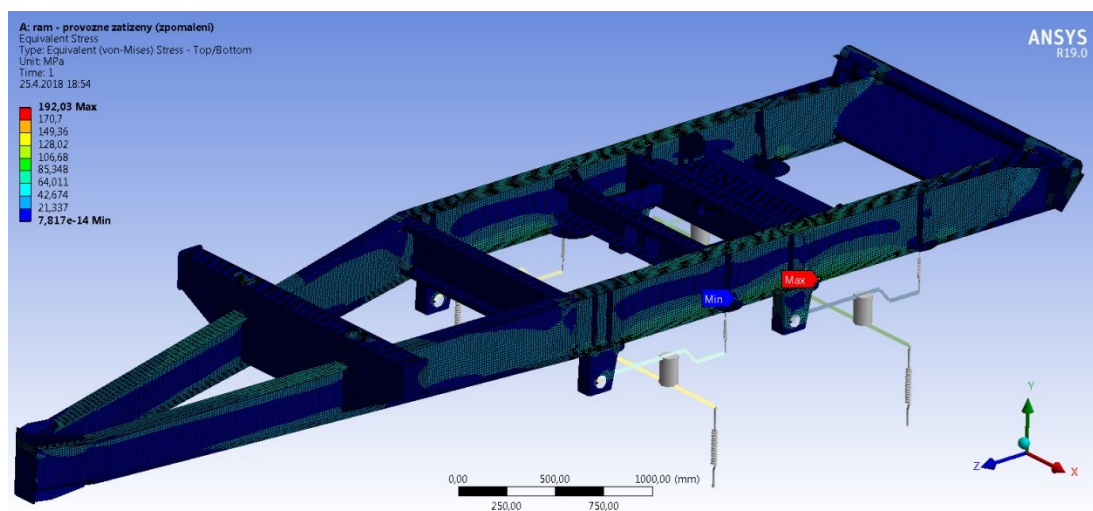
4.2 Zpomalení

Zatěžující stav je popsán včetně výpočtu sil v kapitole 2.9. Během tohoto zatěžujícího stavu vznikají jak síly svislé, tak i síly podélné vodorovné.

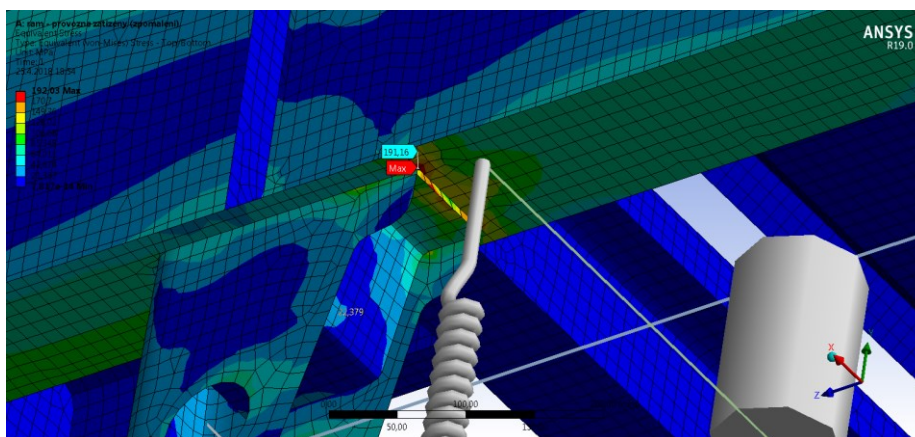
Svislé zatěžující síly jsou stejné jako u zatížení stání, přímá jízda. Podélné vodorovné síly vznikají od účinků setrvačných sil.



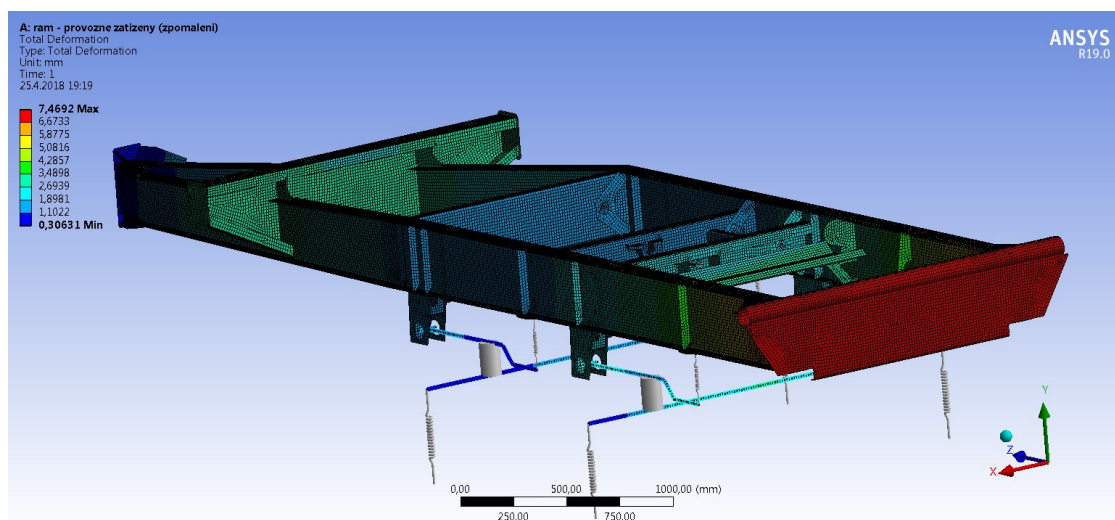
Obr. 49 Zatížení – zpomalení



Obr. 50 Výsledné napětí – zpomalení



Obr. 51 Detail místa max. napětí – zpomalení



Obr. 52 Posunutí – zpomalení

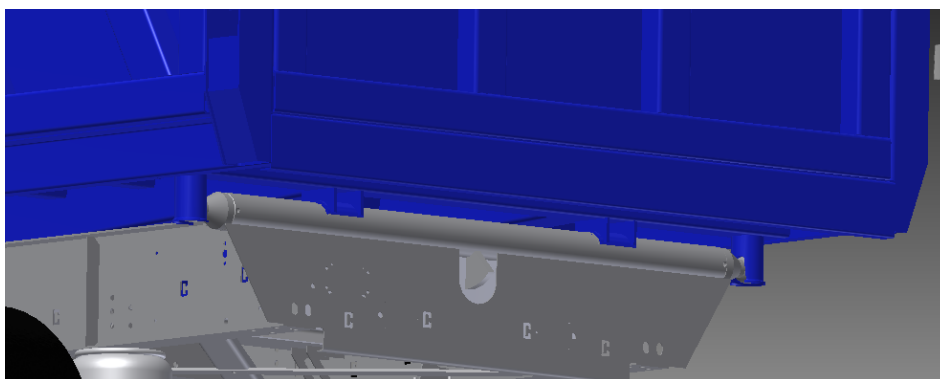
4.2.1 Zhodnocení výsledku – zpomalení

Při zpomalení o zadané velikosti $4,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ je nejvíce namáhané místo kolem konzol druhé nápravy. Výsledné napětí má hodnotu 192 MPa. Vypočtené napětí nepřesahuje návrhovou pevnost a rám vyhovuje provoznímu zatížení. Hodnota maximálního posunutí na konci rámu je 7,4 mm.

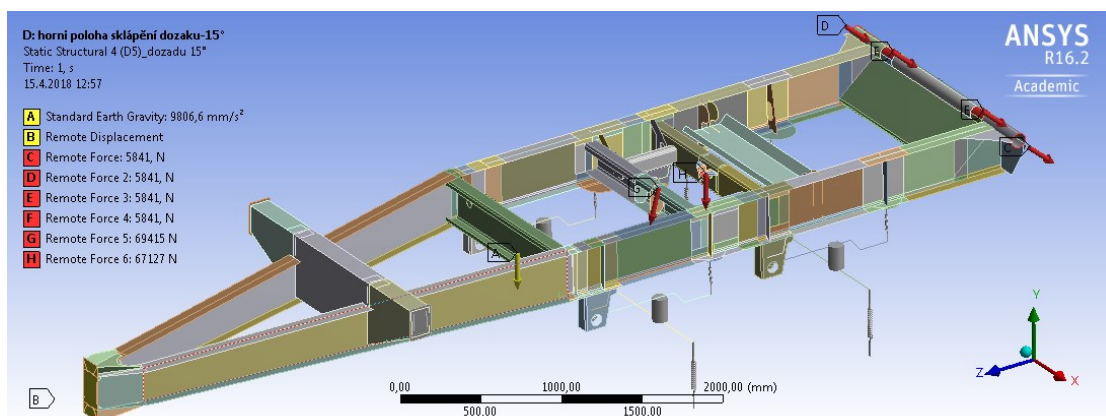
4.3 Zvedání dozadu

Zatěžující stav včetně výpočtu působících sil je popsán v kapitole 2.10.

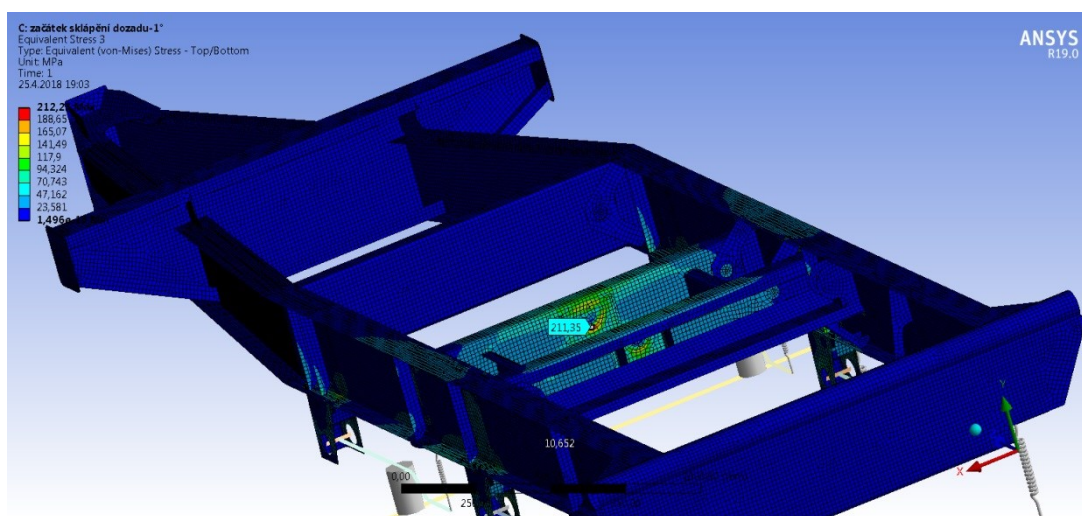
V obou případech zatěžujících stavů (1° , 15°) jsou vzniklé silové účinky při zvedání zachyceny v uložení teleskopického přímočarého hydromotoru, viz obr. 43 a na zadní nosné příčce, tj. dvě kulové plochy ložisek a dvě válcové plochy nosné příčky.



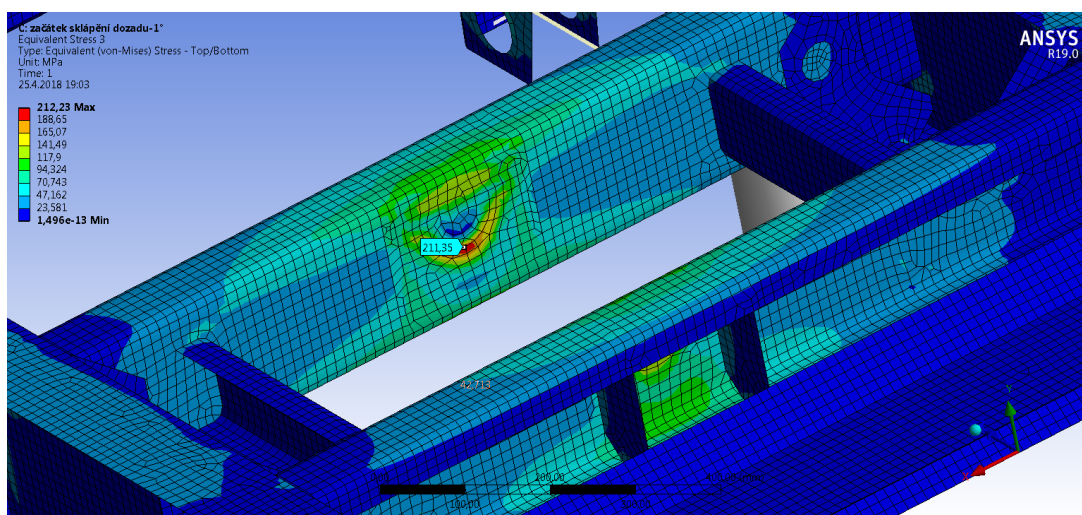
Obr. 53 Uložení karoserie na zadní nosné příčce



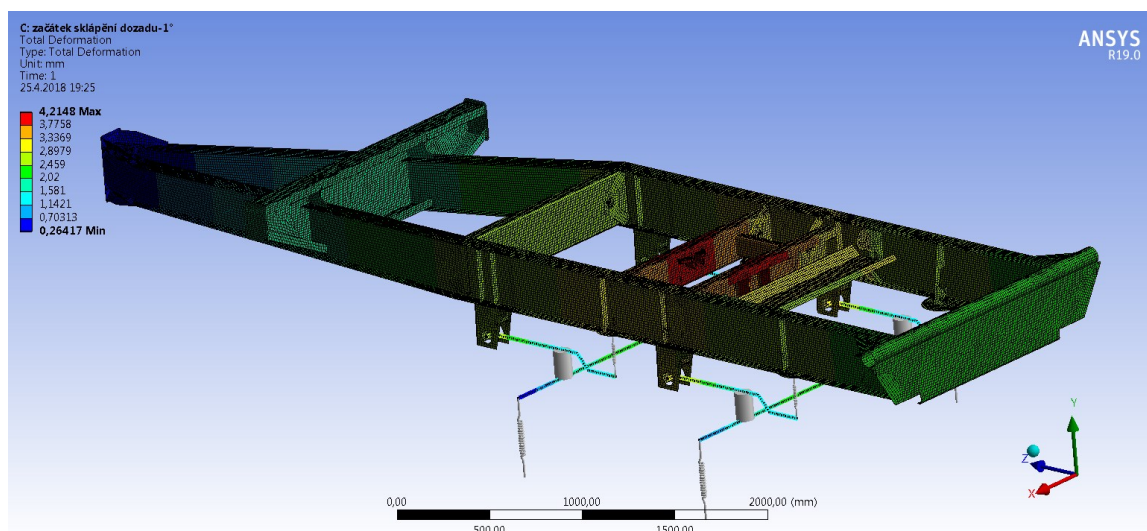
Obr. 54 Zatížení - zvedání dozadu



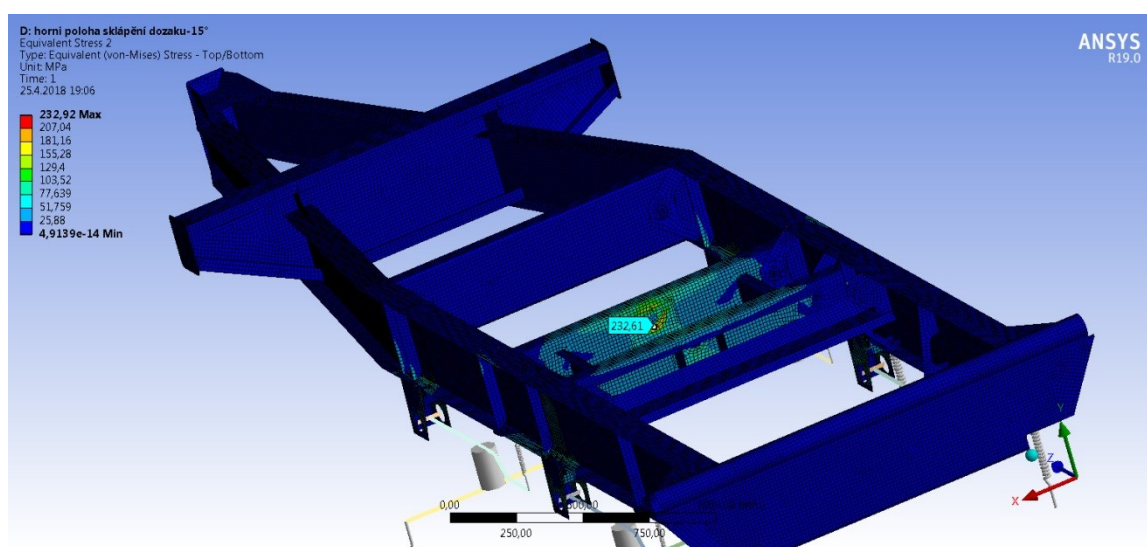
Obr. 55 Výsledné napětí – začátek zvedání dozadu



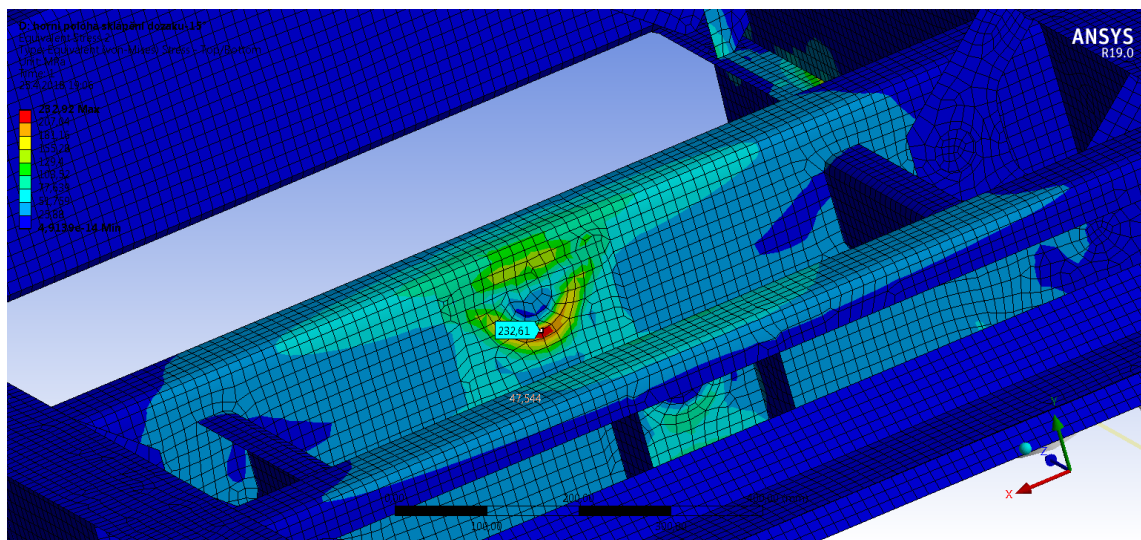
Obr. 56 Detail místa max. napětí - začátek zvedání dozadu



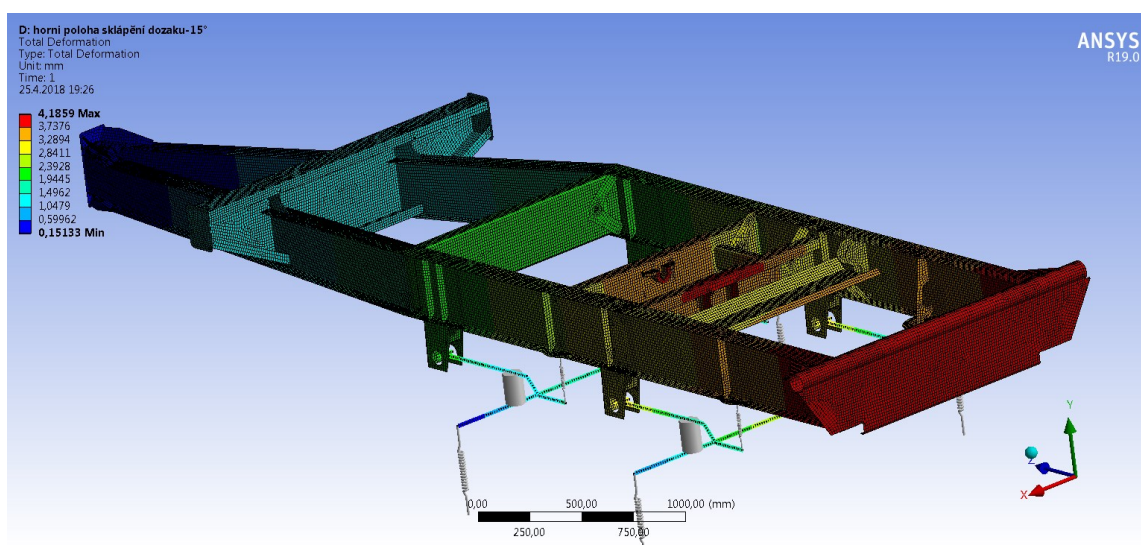
Obr. 57 Posunutí - začátek zvedání dozadu



Obr. 58 Výsledné napětí – horní poloha zvedání dozadu



Obr. 59 Detail místa max. napětí - horní poloha zvedání dozadu



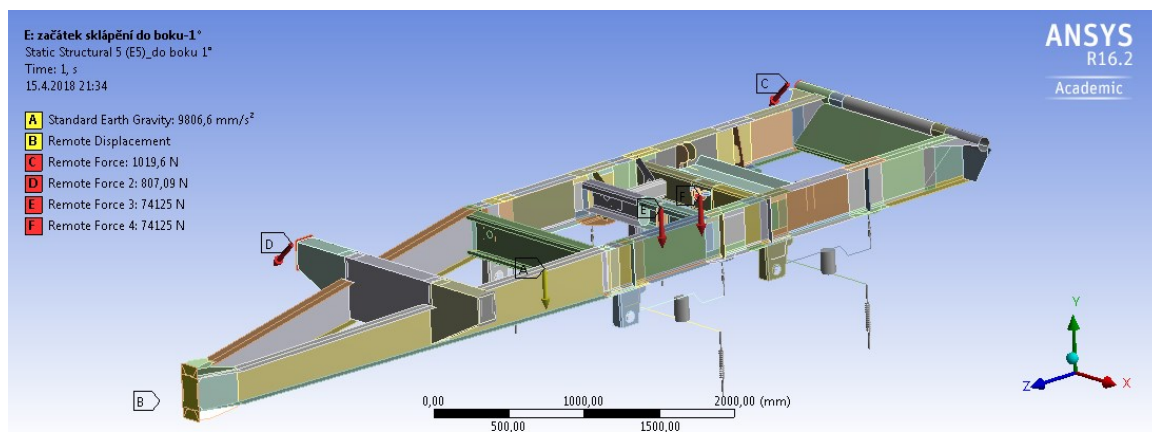
Obr. 60 Posunutí - horní poloha zvedání dozadu

4.3.1 Zhodnocení výsledků – zvedání dozadu

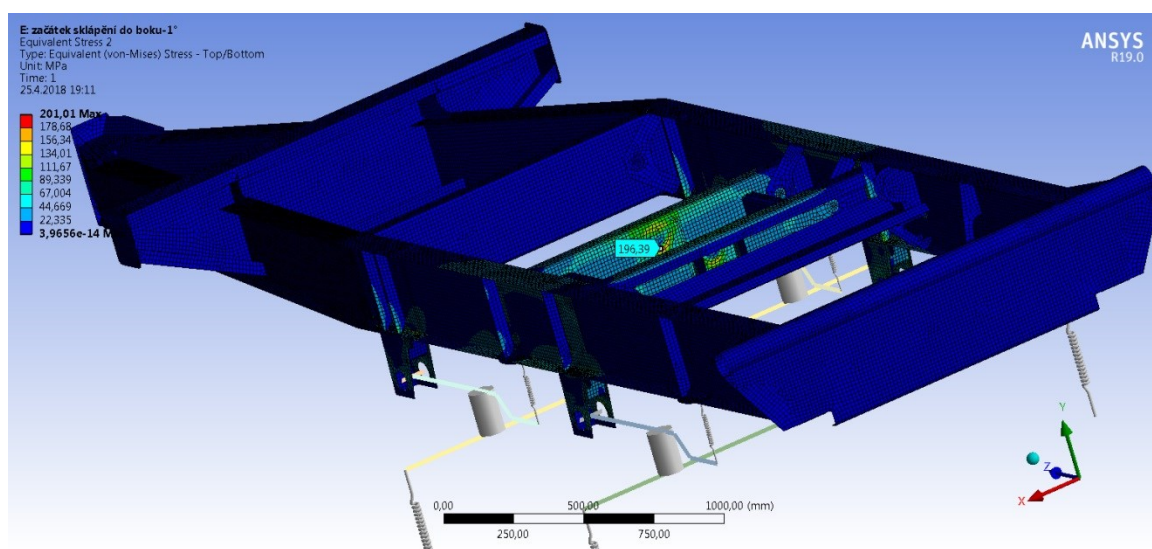
Při zvedání dozadu se ukázalo jako nejnepríznivější zatěžující stav horní poloha, tj. zvednutí karoserie o 15°. Toto je limitní hodnota, o kterou může být karoserie zvednutá, aniž by došlo k odsypání materiálu. Výsledné napětí má hodnotu 232MPa, tzn., nedojde k překročení návrhové pevnosti materiálu a takto navržený rám vyhovuje provoznímu zatížení. Místo s maximálním napětím se nachází kolem ložiska hydraulického válce a nosné příčky. Maximální hodnota posunutí 4 mm, opět vychází ze stavu, kdy karoserie je zvednutá o 15°. Největší deformace je na nosných příčkách, na kterých jsou uchyceny ložiska hydraulického válce a dále zadní nosná příčka, která slouží jako osa klopení.

4.4 Zvedání do boku

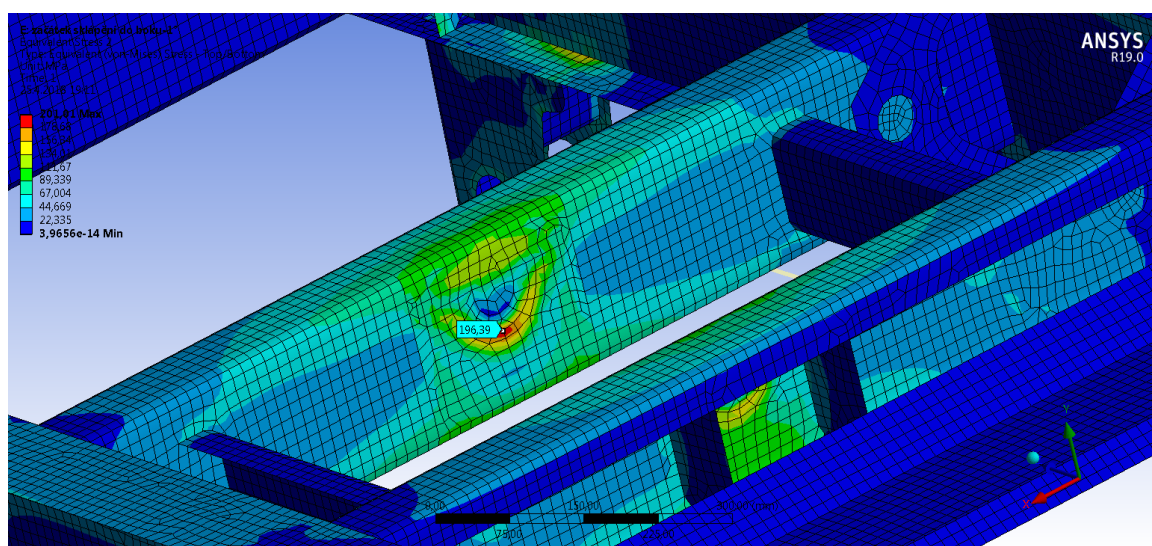
Zatěžující stav včetně výpočtu je popsán v kapitole 2.11. Svislé a vodorovné příčné síly jsou zachyceny v uložení hydromotoru a na předním a zadním ložisku pomocí funkce remote force.



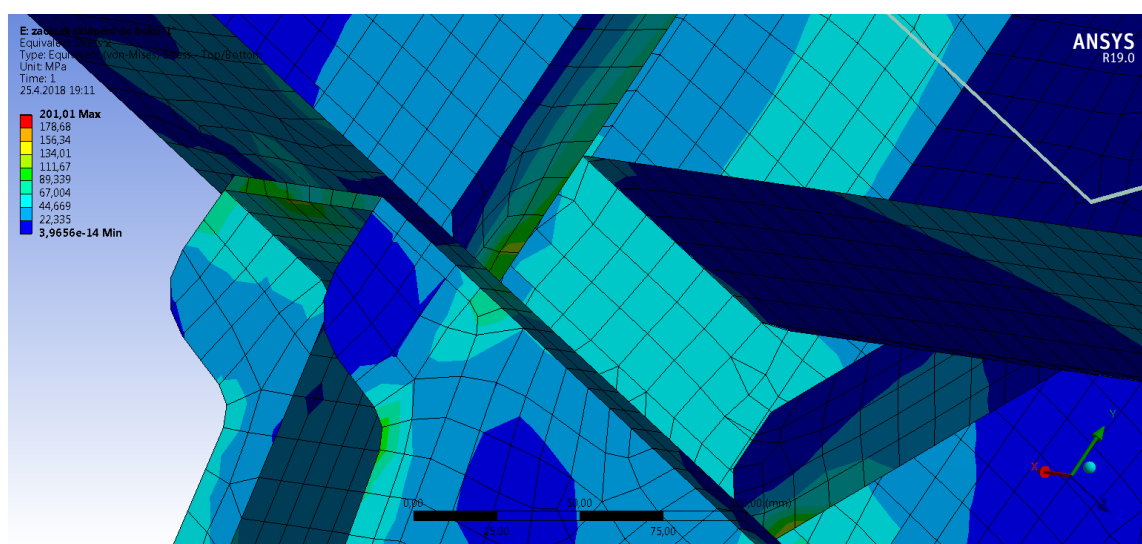
Obr. 61 Zatížení – zvedání do boku



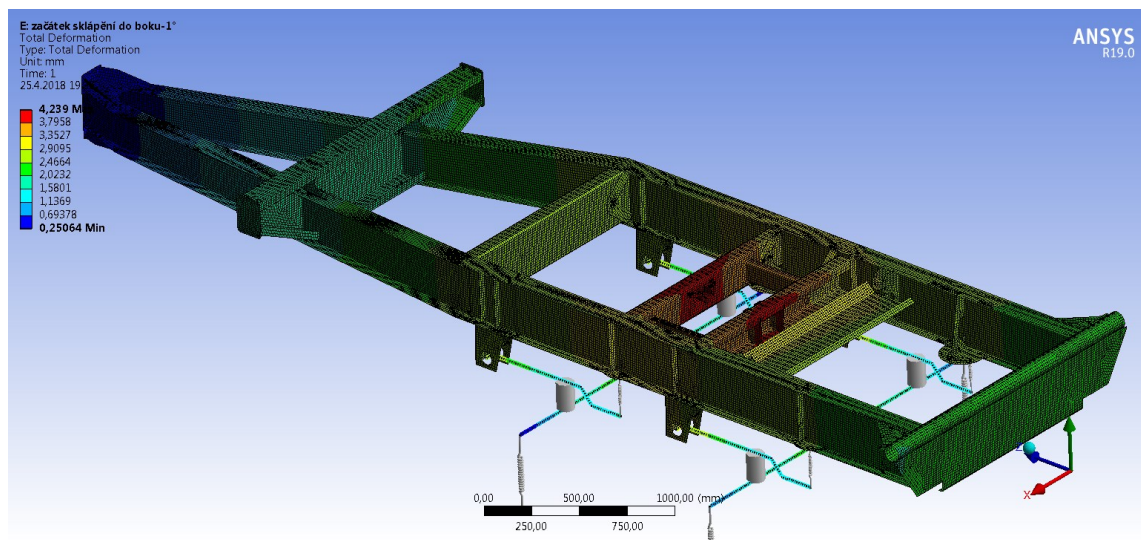
Obr. 62 Výsledné napětí – začátek zvedání do boku



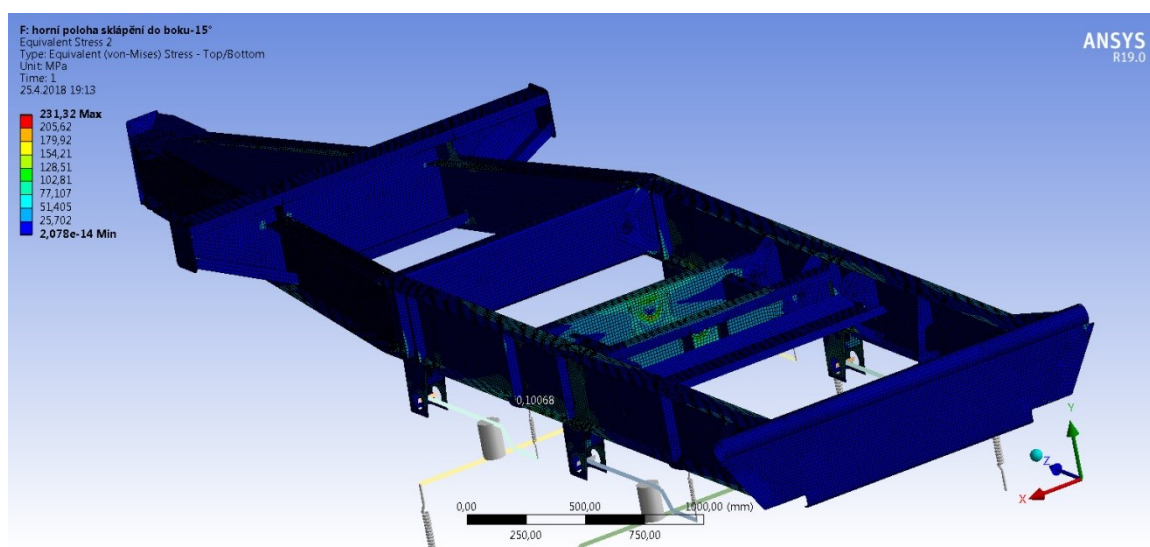
Obr. 63 Detail místa max. napětí - začátek zvedání do boku



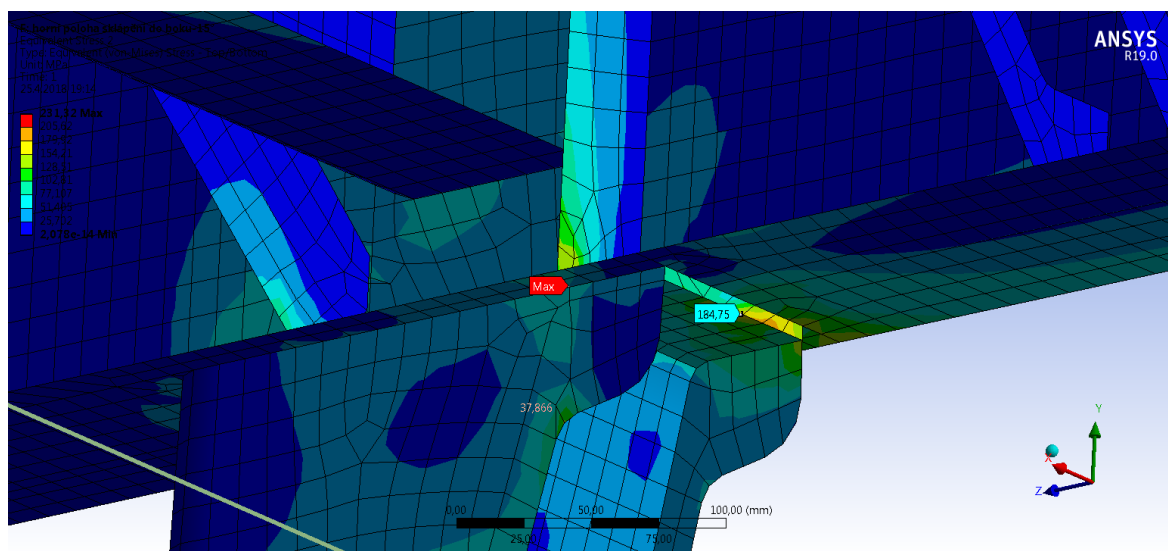
Obr. 64 Detail zadní konzoly - začátek zvedání do boku



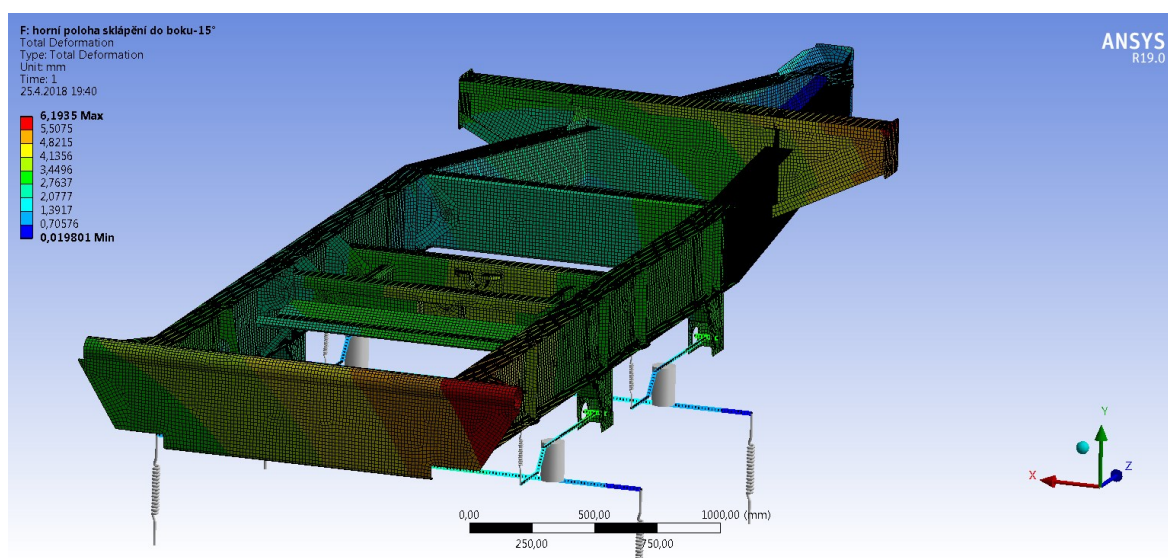
Obr. 65 Posunutí - začátek zvedání do boku



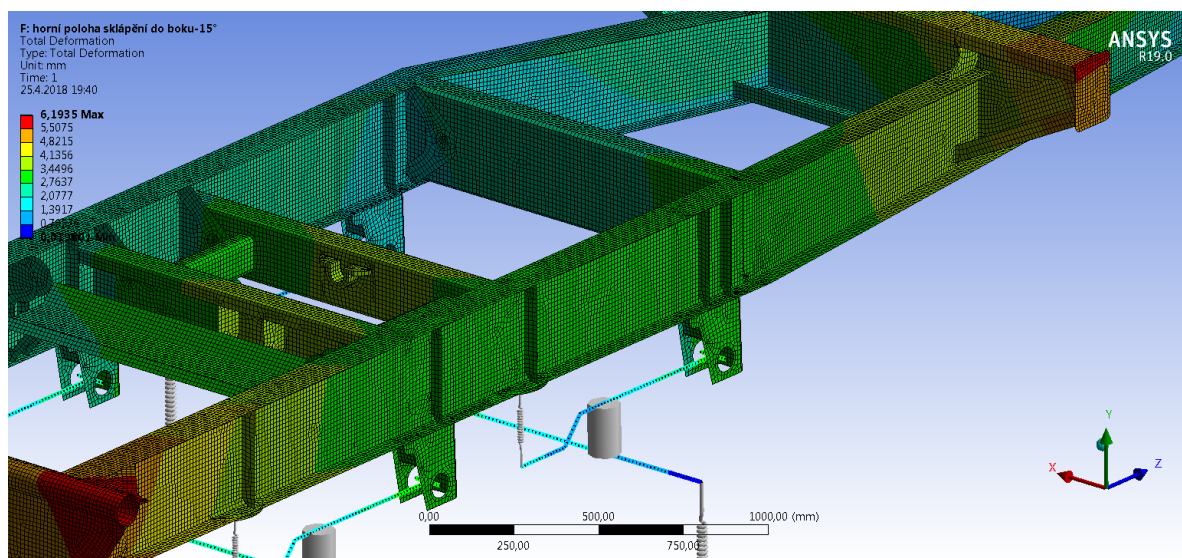
Obr. 66 Výsledné napětí – horní poloha zvedání do boku



Obr. 67 Detail místa max. napětí – zadní konzola



Obr. 68 Posunutí – horní poloha zvedání do boku



Obr. 69 Posunutí – horní poloha zvedání do boku

4.4.1 Zhodnocení výsledků – zvedání do boku

I v případě zvedání karoserie do boku se ukázalo jako nejnepříznivější poloha, zvednutí karoserie o 15° . I zde je tato hodnota brána jako limitní. Výsledné napětí má hodnotu 231MPa, tzn. je splněna pevnostní podmínka nedojde a takto navržený rám vyhovuje. Místo s maximálním napětím se nachází na zadní konzole nápravy, spodní pásnice a příčné výztuhy podélníku. Maximální hodnota posunutí 6,2mm, opět vychází ze stavu, kdy karoserie je zvednutá o 15° .

Při začátku sklápění je nejvíce namáhané místo okolo uložení ložiska hydraulického válce a nosné příčky. Hodnota napětí zde dosahuje 201MPa a posunutí 4,2 mm.

5 Závěr

V první části této diplomové práce jsou popsány nejběžnější typy přípojných vozidel. Je zde popsáno jejich rozdělení do jednotlivých kategorií a využití v praxi. Dále jsou zde uvedeny obecné podmínky pro provoz vozidel na pozemních komunikacích dle platných vyhlášek a zákonů. Podrobněji jsem popsal vybrané typy sklápěcích přípojných vozidel. Zejména však jejich provozní parametry. Dále jsem se věnoval stručnému popisu jednotlivých komponent, z kterých jsou tyto sklápěcí vozy sestaveny.

Stěžejní částí této diplomové práce je konstrukční návrh s pevnostním výpočtem dvounápravového tandemového třístranného sklápěče.

Nejdůležitější částí takového sklápěče je svařovaný ocelový nosný rám. Rám je navržen z konstrukční oceli S355J0. Nosný rám se skládá z podélných a příčných nosníků. Podélné nosníky jsou svařeny do profilu s průřezem I. Podélníky jsou na rámu v páru. Tyto podélníky jsou svázány příčníky, které mají speciálně navržený tvar. Na takto svařený rám jsou navařeny další součásti (např. konzoly náprav, přední ložiska...) Zhotovená rámová konstrukce je zároveň zinkovaná.

Při konstrukčním návrhu přívěsu jsou stanoveny hlavní rozměry a hmotnosti přívěsu vycházející z hlavních technických parametrů viz tab. 2, jako jsou např. celková povolená hmotnost, rozvor náprav viz tab., délka ložného prostoru, šířka ložného prostoru, výška ložného prostoru. Zabývám se zde návrhem rámu pro dvou nápravový tandemový sklápěč s celkovou hmotností (sklápěč + náklad) 18T.

Předmětem další kapitoly je stanovení a popsání jednotlivých zatěžujících stavů. U každého provozního zatížení je definováno výpočtové zatížení a jsou vypočítány síly působící na rám.

Prvním zatěžujícím stavem přípojného vozidla je stání/ přímá jízda viz kapitola 2.7 a kapitola 2.8. Z výsledků plyne, že výpočtové napětí nepřekročí návrhovou pevnost a rámová konstrukce vyhoví zatěžujícímu stavu.

Druhým zatěžujícím stavem je brzdění viz kapitola 2.9. Maximální hodnota napětí je 192 MPa. Vypočtená hodnota je menší než návrhová hodnota materiálu. Rám vyhovuje druhému zatěžujícímu stavu.

Třetí zatěžující stav je sklápění dozadu viz kapitola 2.10. Toto zatížení řeším ve dvou polohách. První poloha je začátek sklápění, kde úhel $\alpha=1^\circ$, druhá poloha je při úhlu $\alpha=15^\circ$.


Úhel 15° je limitní úhel o který se může karoserie vychýlit z vodorovné roviny, aniž by došlo k odsypání materiálu. Při překročení této hodnoty je riziko ztráty stability a převrácení přípojného vozidla.

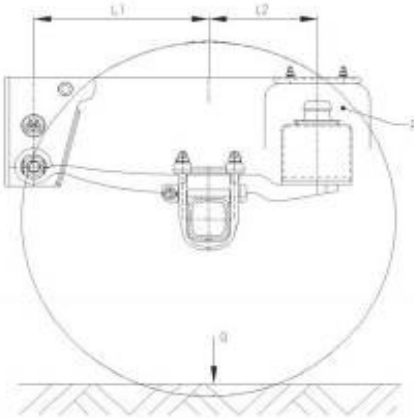
V první poloze je hodnota maximálního napětí 212 MPa. Při zvednutí o úhel 15° je hodnota maximálního napětí 232 MPa. Z výsledku plyne, že nedojde k překročení návrhové pevnosti ani u jedné polohy. Rám vyhovuje i třetímu zatěžujícímu stavu.

Posledním řešeným zatěžujícím stavem v diplomové práci je zatěžující stav sklápění do boku viz kapitola 2.11. Tento zatěžující stav řeším rovněž ve dvou polohách o stejných úhlech vychýlení z vodorovné roviny. Při začátku sklápění do boku je hodnota maximálního napětí 201 MPa. V krajní poloze je hodnota maximálního napětí 231 MPa. Rámová konstrukce vyhovuje i poslednímu zatěžujícímu stavu.

Z výsledků jednotlivých napěťových stavů vyplývá, že rám vyhovuje všem provozním stavům a nedošlo k překročení návrhové pevnosti konstrukčního materiálu.

6 Příloha I

	Berechnung der Drücke in den Luftfederbälgen		TE – 1188.0	
	31	Blatt	Bl.-Nr.	1



Der Luftdruck in den Luftfederbälgen bei Volllast kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$P = \frac{(Q - A) \cdot i \cdot p}{2} \text{ (bar)}$$

P= Luftdruck in den Luftfederbälgen [bar]

Q= zulässige Achslast am Boden [kg]

A= ungefederte Masse [kg] Mittelwert: $A = Q \cdot 0,08$

Bei Achslast 15000kg	=> $A = 15000 \cdot 0,08 = 1200kg$
Bei Achslast 13000 / 14000kg	=> $A = 14000 \cdot 0,08 = 1020kg$
Bei Achslast 11000 / 12000kg	=> $A = 12000 \cdot 0,08 = 960kg$
Bei Achslast 10000kg	=> $A = 10000 \cdot 0,08 = 800kg$
Bei Achslast 6000 / 6500 / 7350 / 8000 / 9000kg	=> $A = 9000 \cdot 0,08 = 720kg$
Bei Achslast 4000 / 4500 / 5000 / 5500kg	=> $A = 5500 \cdot 0,08 = 440kg$

i= Übersetzungsverhältnis der Lenkerfedern $i = \frac{L_1}{L_1 + L_2}$

p= Luftdruck im Balg pro kg Belastung [bar/kg]

Für Luftfederbälge BPW 30 : p=0,0023 bar/kg

Für Luftfederbälge BPW 36 : p=0,00156 bar/kg (2)

	Datum : 24.06.2015	Datum : 24.06.2015
	Name : FINK	Name : BERGHAUS
Version : 2	Änderungen :	



Balgdruckdiagramm

Diagram of air bellow pressure
Diagramme de pression du coussin

TE □ 1188.0

31 Blatt Bl.-Nr. 15

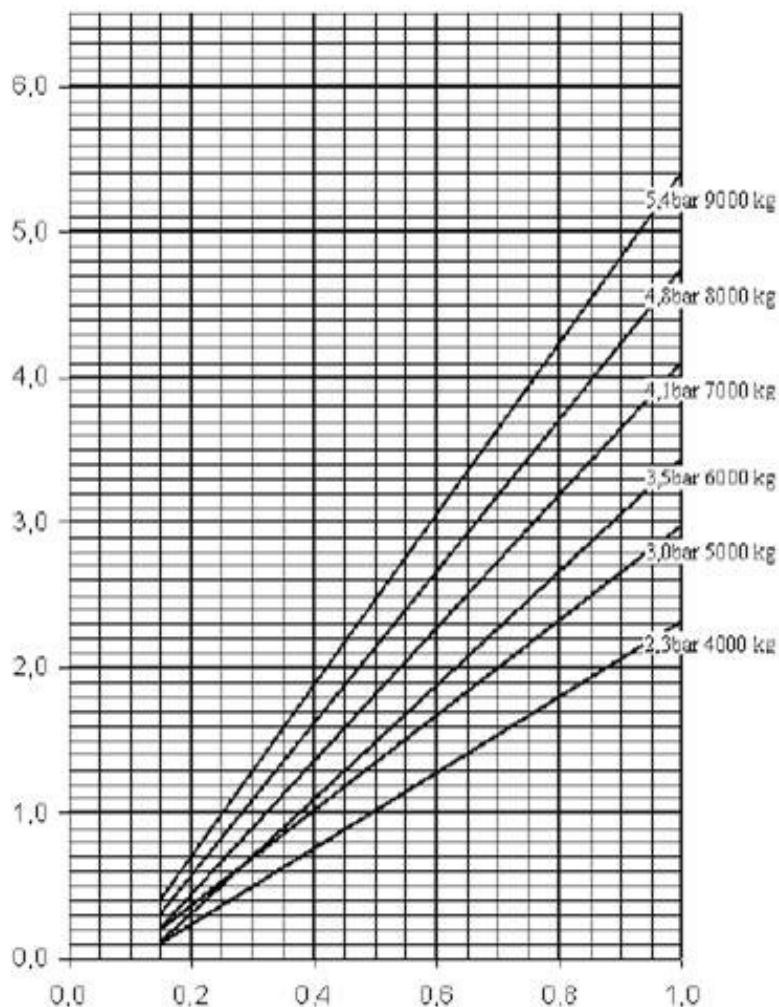
Luftfederbälge Typ : BPW 30 L1=500 L2=380 i = 0,568
air suspension bellows type : Ø 300
coussins d'air type :

Die angegebenen Werte sind Richtwerte und müssen ggf. korrigiert werden!
The calculated values are approximate values only and if necessary must be corrected!
Les valeurs calculées sont données à titre indicatif et peuvent faire l'objet d'une correction !

Luftdruck in den Luftfederbälgen [bar]

pressure in the air suspension bellows [bar]

pression dans les coussins d'air [bar]



Massenverhältnis (Teillast/Vollast)

relation of masses (part load/full load)

Rapport de masses (charge partielle/pleine charge)

		Datum : 04.01.2008	Datum : 18.01.2008
		Name : Steinbach	Name : KOPFLOW
Version	1	Anderungen :	

7 Seznam zdrojů

- [1] Lanc Jan: *Užitkové automobily*. SNTL Praha 1964, 343 stran.
- [2] Kubjatko Cyril: *Přívěsy a návěsy v nákladní automobilové dopravě*. Nakladatelství dopravy a spojů – Praha 1964, 187 stran.
- [3] Šorm Vlastimil: *Přívěsy a návěsy pro stavebnictví*. In: *Stavitel*, ročník 21, číslo 8 (srpen 2013), str. 44-46, ISSN 1210-4825.
- [4] Šorm Vlastimil: *Přívěsy a návěsy za automobily*. In: *Stavitel*, ročník 18, číslo 7-8 (červenec 2010), str. 54-56, ISSN 1210-4825.
- [5] Syrový Otakar a kol.: *Doprava v zemědělství*, Vydavatelství ProfiPress – Praha 2008, 497 stran, ISBN 80-238-8757-2.
- [6] Celjak Ivo: *Dopravní zařízení I*, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích 2017. [on-line] Dostupné na:
<http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2017/02/Skripta-Dopravn%C3%AD-za%C5%99%C3%ADzen%C3%AD-L.pdf>
- [7] Tesař Miroslav, Jílek Petr: *Základy dopravní techniky a dopravní prostředky*, VŠB TU Ostrava a Univerzita Pardubice – 2012, 274 stran. [on-line] Dostupné na:
www.vvvd.cz/doc/cms_library/modul22-399.pdf
- [8] Vlk František: *Stavba motorových vozidel*. Nakladatelství a vydavatelství VLK – Brno 2003, 497 stran, ISBN 80-238-8757-2.
- [9] Ždánský Bronislav, Jan Zdeněk: *Výkladový automobilový slovník*, Computer Press – 2011, 244 stran, ISBN 978-80-251-3725-3.
- [10] *The HTK from 18 T*. Humbaaur heavy-duty vehicles. [on-line] Dostupné na:
<http://www.humbaaur.com/en/trailer/construction-trailers/tandem-three-way-tipper-htk-from-18-t.html>

[11] *Construction Trailers and tippers*. Humbaaur heavy-duty vehicles. [on-line]
Dostupné na:

http://www.humbaaur.com/fileadmin/content/downloads/prospekte/en/Construction_Trailers_S10000.pdf

[12] *Vozidla Fliegl pro stavebnictví*. In: Doprava a silnice, příloha Stavební technika, číslo 3/2017, str. 42.

[13] *Tandemové třístranné sklápěče Fliegl – Robustní a flexibilní již dvě desítky let*. [on-line] Dostupné na: <http://www.fliegl-fahrzeugbau.de/tandemov-tstrann-sklpe-fliegl/150/3383/2284/>

[14] *FlieglTrailer – Tandemové přívěsy ve stavebnictví*, Fliegl CZ s.r.o. Dostupné na: http://www.fliegl-fahrzeugbau.de/files/smfiledata/5/3/2/4/3/FlieglProspektTandemanhnger_V4_CZ.pdf

[15] *Schwarzmüller pro stavebnictví*. In: Doprava a silnice, příloha Stavební technika, číslo 3/2011, str. 32-33.

[16] *Schwarzmüller intelligente fahrzeuge*. Schwarzmüller s.r.o. – Česká republika. [on-line] Dostupné na: <http://schwarzmueller.com/cs/vozidla/>

[17] *Schwarzmüller - Koncern Schwarzmüller má rozsáhlý výrobní program*. [on-line] Dostupné na: https://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/schwarzmueller-koncer-schwarzmueller-ma-rozsahly-vyrobní-program_38994.html

[18] Štěpánková Vladimíra: *Schwarzmüller – vozidla značky Schwarzmüller pro stavebnictví*. [on-line] Dostupné na:

<https://www.stavebni-technika.cz/clanky/vozidla-znacky-schwarzmueller-pro-stavebnictvi>

[19] Ludvík Tomáš: *Úspěšná vozidla firmy Schwarzmüller*. [on-line] Dostupné na:

<https://www.stavebni-technika.cz/clanky/uspecna-vozidla-firmy-schwarzmueller>

[20] Pilárik Milan, Pabst Jiří: *Automobily*. Infomatorium Praha 1997, 335 stran, ISBN 80-86073-02-05.

[21] BPW: *Rigid drawbars – towing eyes*. [on-line] Dostupné na:

https://www.bpw.de/fileadmin/user_upload/Loesungen/Nutzfahrzeuge/Verbindungs-einrichtungen/Zugdeichseln/Optionale_Produkte/BPW_rigid_drawbars_Towing_eyes_e_n.pdf

[22] *Předpis č. 55 Evropské hospodářské komise Spojených národů (EHK/OSN) – Jednotná ustanovení týkající se schvalování mechanických spojovacích částí jízdních souprav vozidel.* [on-line] Dostupné na:

[http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:42010X0828\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX:42010X0828(01))

[23] SAF Holland GmbH: *Air Suspensions SAF Intra.* [on-line] Dostupné na:

<http://www.safholland.de/cz/cs/products/trailer-axles-and-suspension-systems/air-intra>

[24] SAF Holland Česká republika a Slovensko: *SAF kotoučové brzdy.* [on-line] Dostupné na:

<http://ww1.safholland.cz/sites/czechrepublic/cz-CZ/products/trailersuspensionsystems/accessories/Stranky/SAF%20Kotou%C4%8Dov%C3%A9%20brzdy.aspx>

[25] *Operator's manual – agricultural trailer – Pronar T286.* [on-line] Dostupné na:

http://pronar.pl/pdf/instrukcje/T286/T286_EN.pdf

[26] *SIMOL 2016 CATALOGUE.PDF.* [on-line] Dostupné na:

http://www.agriparts.com.au/uploaded/files/client_added/SIMOL%202016%20CATALOGUE.pdf

[27] *455/45 R 22,5 Michelin X Maxitrailer 160J TL.* [on-line] Dostupné na:

<https://www.heuver.com/item/12464/455-45r22-5-michelin-x-maxitrailer-160j-tl>

[28] Jan Z., Ždánský B., Čupera J: *Automobily I – podvozky.* Brno: Avid – 2007, 228 stran, ISBN 978-80-87143-03-2.

[29] SSAB Oxelösund: *Hardox® – univerzální otěruvzdorný plech.* [on-line] Dostupné na:

<https://www.oteruvzdorneplechy.cz/pdf/hardox-uni-plech.pdf>

- [30] Dapos z.d.: *Plechý Hardox*. [on-line] Dostupné na:
<http://www.hardoxplechy.cz/hardox-plechy-pardubice.php>
- [31] Hyva® Hydraulics: *Hyva catalogue*. [on-line] Dostupné na:
http://hydrotruck.kiev.ua/files/Catalogue_Hyva.pdf
- [32] TZA spol. s r.o.: *Kolo diskové Lemmerz 15,00 x 22,5*. [on-line] Dostupné na:
<http://eshop.tza.cz/kola-disky-pneumatiky/disky-kola-prislusenstvi/diskova-kola-nakladni/diskova-kola-225-palcu/disky-h.lemmerz-225-palcu/kolo-diskove-lemmerz-1500x225-10x335-et120-mz-alive>
- [33] Hykel Jaromír: *Nástavby nákladních automobilů*. [on-line] Dostupné na:
<https://www.stavebni-technika.cz/clanky/nastavby-nakladnich-automobilu>
- [34] Leisinger: *Three-way tilting bearings*. [on-line] Dostupné na:
<http://www.leisinger.com/32.0.html>
- [35] Leisinger: *Kugelkipplager*. [on-line] Dostupné na:
<http://www.fahrzeugbedarf.at/fileadmin/redaktion/Kataloge/Leisinger-Katalog.pdf>
- [36] Kondor hutní materiály – jekly uzavřené obdélníkové – jekl 120x40x3. [on-line] Dostupné na: <https://www.kondor.cz/jekl-120x40x3/d-78227/>
- [37] Ferencey Viktor, Vala Miroslav, Bugár Martin: *Mechatronické systémy riadenia dynamiky pohybu automobilov*. Slovenská technická univerzita v Bratislavě 2013. [on-line] Dostupné na:
<http://www.e-mobilita.fei.stuba.sk/wp-content/uploads/2016/03/Mechatronick%C3%A9-syst%C3%A9my.pdf>
- [38] Zeman Vladimír, Laš Vladimír: *Technická mechanika*. Západočeská univerzita v Plzni 2001, 191 stran, ISBN 80-7082-789-0.

Seznam obrázků

Obr. 1 Přívěsová souprava na staveništi ^[13]	8
Obr. 2 Různé druhy stavebních přívěsů	10
Obr. 3 Točnicový přívěs ^[6]	12
Obr. 4 Tandemový přívěs skříňový ^[6]	12
Obr. 5 Jednostranně sklápěcí návěs ^[16]	13
Obr. 6 Třístranně sklápěcí přívěs ^[11]	13
Obr. 7 Vnější rozměry přívěsu	18
Obr. 8 Mezní rozměry pro přívěsovou soupravu ^[8]	19
Obr. 9 Sklápěcí přívěs Humbaaur HTK ^[11]	20
Obr. 10 Zadní sklápění přívěsu HTK ^[11]	22
Obr. 11 Boční sklápění přívěsu HTK ^[11]	22
Obr. 12 Sklápěcí přívěs Fliegl TSK ^[14]	23
Obr. 13 Sklápěcí přívěs Schwarzmüller ^[16]	25
Obr. 14 Korba s trapézovými podélníky ^[16]	25
Obr. 15 Hlavní rozměry navrhovaného přívěsu	28
Obr. 16 Žebřinový rám navrhovaného přívěsu	29
Obr. 17 Tažné oko třídy D50-C ^[21]	31
Obr. 18 Tažná oj s příčkou	31
Obr. 19 Opěrná noha KRA 110 FL ^[26]	32
Obr. 20 Složení a funkce mechanické nohy ^[25]	32
Obr. 21 Náprava SAF Intra Mega ^[23] 1 – vzduchová pružina, 2 – tlumič pérování, 3 – nápravnice, 4 – závěsné rameno, 5 – náboj kola	33
Obr. 22 Kotoučová brzda SAF ^[24]	34
Obr. 23 Pneumatika Michelin X Maxitrailer ^[27]	35
Obr. 24 Diskové kolo Lemmerz ^[32]	35

Obr. 25 Rozměry a tloušťka plechů korby	36
Obr. 26 Podlahový rošt korby	37
Obr. 27 Sestava teleskopického válce Hyva [31]	39
Obr. 28 Sklápěcí ložisko Leisinger 3000 ^[35]	40
Obr. 29 Sklápěcí ložisko Leisinger 8000 ^[35]	40
Obr. 30 Určování těžiště přívěsu	41
Obr. 31 Stání přívěsové soupravy	42
Obr. 32 Schéma sil	43
Obr. 33 Přímá jízda přívěsové soupravy	44
Obr. 34 Brzdění přívěsové soupravy	45
Obr. 35 Sklápění přívěsu dozadu	46
Obr. 36 Sklápění přívěsu do boku	49
Obr. 37 Schéma příčných působících sil	51
Obr. 38 Schéma svislých působících sil	51
Obr. 39 Celková sestava rámu	54
Obr. 40 Konečno prvkový výpočtový model rámu	55
Obr. 41 Nahrazení náprav	56
Obr. 42 Síla v závislosti na stlačení akumulátoru (vaku)	57
Obr. 43 Uložení hydromotoru na rámu	58
Obr. 44 Uložení kloubu hydromotoru na karoserii	58
Obr. 45 Zatížení - stání, přímá jízda	59
Obr. 46 Výsledné napětí – stání, přímá jízda	59
Obr. 47 Detail místa max. napětí – stání, přímá jízda	60
Obr. 48 Posunutí - stání, přímá jízda	60
Obr. 49 Zatížení – zpomalení	61
Obr. 50 Výsledné napětí – zpomalení	61

Obr. 51 Detail místa max. napětí – zpomalení	61
Obr. 52 Posunutí – zpomalení	62
Obr. 53 Uložení karoserie na zadní nosné příčce	62
Obr. 54 Zatížení - zvedání dozadu	63
Obr. 55 Výsledné napětí – začátek zvedání dozadu	63
Obr. 56 Detail místa max. napětí - začátek zvedání dozadu	63
Obr. 57 Posunutí - začátek zvedání dozadu	64
Obr. 58 Výsledné napětí – horní poloha zvedání dozadu	64
Obr. 59 Detail místa max. napětí - horní poloha zvedání dozadu	65
Obr. 60 Posunutí - horní poloha zvedání dozadu	65
Obr. 61 Zatížení – zvedání do boku	66
Obr. 62 Výsledné napětí – začátek zvedání do boku	66
Obr. 63 Detail místa max. napětí - začátek zvedání do boku	67
Obr. 64 Detail zadní konzoly - začátek zvedání do boku	67
Obr. 65 Posunutí - začátek zvedání do boku	68
Obr. 66 Výsledné napětí – horní poloha zvedání do boku	68
Obr. 67 Detail místa max. napětí – zadní konzola	69
Obr. 68 Posunutí – horní poloha zvedání do boku	69
Obr. 69 Posunutí – horní poloha zvedání do boku	70

Seznam tabulek

Tab. 1 Objemová hmotnost stavebních materiálů ^[5]	11
Tab. 2 Největší povolené hmotnosti silničních vozidel ^[6]	15
Tab. 3 Největší povolená hmotnost na nápravu ^[6]	16
Tab. 4 Technické parametry přívěsu HTK 185024 ^[10]	20
Tab. 5 Technické parametry sklápěcího přívěsu Schwarzmüller ^[15]	24
Tab. 6 Hlavní technické parametry navrhovaného přívěsu	27
Tab. 7 Seznam součástí žebřinového rámu	30
Tab. 8 Zatížení na oku tažné oje	53
Tab. 9 Zatížení zadního sklápěcího ložiska	53
Tab. 10 Zatížení předního sklápěcího ložiska	53
Tab. 11 Zatížení teleskopického válce	53